

SÉRIE A, N° 2512

N° D'ORDRE : 3384

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Jacqueline BUSER-LAHAYE

1^{re} THÈSE. — Etude expérimentale du déterminisme de la régénération des nageoires chez les Poissons Téléostéens.

2^e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 10 mai 1952, devant la Commission d'examen.

MM. ROBERT LÉVY, *Président.*
PRENANT, } *Examineurs.*
G. PETIT, }

MASSON & C^{ie}, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (VI^e)

1953



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550412_0016

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté :

CARACTÈRES SEXUELS CHEZ LES POISSONS

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 2 mai 1952.

Le Doyen de la Faculté des Sciences.

A. CHATELET.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

JEAN SARRAILH.

SÉRIE A, N° 2512

N° D'ORDRE : 3384

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Jacqueline BUSER-LAHAYE

1^{re} THÈSE. — Etude expérimentale du déterminisme de la régénération des nageoires chez les Poissons Téléostéens.

2^e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 10 mai 1952, devant la Commission d'examen.

MM. ROBERT LÉVY, *Président.*
PRENANT, }
G. PETIT, } *Examineurs.*

MASSON & C^{ie}, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (VI^e)

1953

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

Doyen M. A. CHATELET.

PROFESSEURS

G. JULIA	T	Analyse supérieure et Algèbre supérieure.	COULOMB	T	Physique du globe.
A. DENJOY ..	T	Théorie des Fonctions.	M ^{lle} COUSIN...	T	Biol. anim. (P. C. B.).
L. LUTAUD ...	T	Géographie physique et Géologie dynamique.	CHRÉTIEN	T	Chimie minérale.
E. DARMOIS ..	T	Enseignement de Physique.	DRACH	T	Zoologie.
ROBERT LÉVY.	T	Physiologie comparée.	KASLER	T	Physique.
M ^{me} RAMART-LUCAS..	T	Chimie organique.	CHATELET	T	Arithmétique et Théorie des nombres.
FÖCH	T	Mécanique physique et expérimentale.	EPHRUSSI	T	Génétique.
PAUTHENIER ..	T	Electrotechnique générale.	WURMSER	T	Biologie phys.-chimique.
DE BROGLIE ..	T	Théories physiques.	BAUER	T	Chimie-Physique.
JOB	T	Chimie générale.	RIVIÈRE	T	Géologie (P. C. B.).
PRENANT	T	Anatomie et Histologie comparées.	GAUTHERET ...	T	Biol. végét. (P. C. B.).
COMBES	T	Physiologie végétale.	LUCAS	T	Physique.
GARNIER	T	Géométrie supérieure.	A. THOMAS...	T	Evolut. des êtres organ.
PÈRÈS	T	Mécanique des fluides et applications.	ARNULF	T	Optique appliquée.
LAUGIER	T	Physiologie générale.	MAX MORAND..	T	Physique.
TOUSSAINT ...	T	Technique aéronautique.	SOLEILLET ...	T	Physique.
M. CURIE	T	Physique (P. C. B.).	FORTIER	T	Mécanique expérimentale des fluides.
G. RIBAUD ...	T	Hautes températures.	DANJON	T	Astronomie.
CHAZY	T	Mécanique analytique et Mécanique céleste.	FROMAGEOT ..	T	Chimie biologique.
CROZE	T	Physique théorique et Physique céleste.	LAPORTE	T	Physiq. génér. et Radio-activité.
DUPONT	T	Théories chimiques.	JANET	T	Mathématiques générales.
VALIRON	T	Calcul différentiel et Calcul intégral.	PETIT	T	Biologie maritime.
BARRABÉ	T	Géologie structurale et Géologie appliquée.	QUENEY	T	Météorologie et Dynamique atmosphérique.
VAVON	T	Analyse et mesures chimiques.	GALLIEN	T	Biologie anim. (P. C. B.).
G. DARMOIS ..	T	Calcul des probabilités et Physique mathématique.	EICHHORN ...	T	Biologie végétale (P. C. B.).
Jacques BOURCART...	T	Géographie physique et Géologie dynamique.	DE CUGNAC ...	T	Biologie végétale (P. C. B.).
AUBEL	T	Chimie biologique.	M ^{lle} CAUCHOIS.	T	Chimie-Physique.
M ^{me} JOLIOY-CURIE...	T	Physique générale et Radioactivité.	THELLIER	T	Physique du globe.
PLANTEFOL ...	T	Botanique.	AUDUBERT ...	T	Electrochimie.
CABANNES	T	Recherches physiques.	L'HÉRITIER ...	T	Génétique.
GRASSÉ	T	Evolution des êtres organisés.	GRIVET	T	Radio-Electricité.
PRÉVOST	T	Chimie organique.	PONCIN	T	Mécanique des fluides.
BOULIGAND ...	T	Application de l'analyse à la Géométrie.	THIRY	T	Mécanique appliquée.
CHAUDRON ...	T	Chimie appliquée.	DUBREIL	T	Mathématiques générales.
WYART	T	Minéralogie.	QUELET	T	Chimie (P. C. B.).
TEISSIER	T	Zoologie.	CAGNIARD ...	T	Géophysique appliquée.
MANGENOT ...	T	Biologie végétale.	CHAMPETIER ..	T	Chimie appliquée.
P. AUGER	T	Physique quantique et relativité.	CUVILLIER ...	T	Géologie structurale et Géologie appliquée.
MONNIER	T	Physiologie générale.	JUNG	T	Pétrographie.
PIVETEAU	T	Géologie.	TRILLAT	T	Physique (P. C. B.).
ROCARD	T	Physique.	WIEMANN	T	Chimie (P. C. B.).
H. CARTAN ...	T	Mathématiques (E.N.Sup.).	LÉCHNÉROWIEZ.	T	Mathématiques générales.
SCHAEFFER ...	T	Physiol. des fonctions.	JACQUINOT ...	T	Physique (P. C. B.).
LAFFITTE	T	Chimie générale.	VASSY	T	Physique de l'atmosphère.
FAYART	T	Mécanique générale.	DESTOUCHES...	T	Théories physiques.
			M. PRUVOST...	T	Géologie
			AMIEL	T	Chimie (P. C. B.).
			HOCART	T	Minéralogie.
			MACHERBEUF ..	T	Microbiologie.
			J.-P. MATHIEU.	T	Physique (P. C. B.).
			COUTEAUX ...	T	Biologie animale (P.C.B.).
			MAY	T	Biologie animale (P.C.B.).
			CHOSQUET ...	T	Calcul différentiel.
			FELDMANN ...	T	Biologie (P. C. B.).
			GUINIER	T	Physique (P. C. B.).
			JOST	T	Biologie (P. C. B.).

Secrétaire CH. MONIER.



ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DU DÉTERMINISME

DE LA

RÉGÉNÉRATION DES NAGEOIRES

CHEZ LES POISSONS TÉLÉOSTÉENS

PAR

JACQUELINE BUSER-LAHAYE

SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
--------------------	---

Première Partie. — LA RÉGÉNÉRATION NORMALE DE LA NAGEOIRE

<i>Chapitre Premier.</i> — LA NAGEOIRE DES TÉLÉOSTÉENS	4
<i>Chapitre II.</i> — MATÉRIEL ET TECHNIQUES	6
<i>Chapitre III.</i> — LA CICATRISATION	8
<i>Chapitre IV.</i> — DÉBUT DE LA RÉGÉNÉRATION OSSEUSE	9
<i>Chapitre V.</i> — LA RÉGÉNÉRATION DES RAYONS OSSEUX	12
<i>Chapitre VI.</i> — LA VITESSE DE RÉGÉNÉRATION : SES VARIATIONS	12

Deuxième Partie. — FACTEURS EXTERNES ET RÉGÉNÉRATION

<i>Chapitre Premier.</i> — INFLUENCE DES FACTEURS EXTERNES SUR LA RÉGÉNÉRATION NORMALE	18
<i>Chapitre II.</i> — RECHERCHES EXPÉRIMENTALES	20
A. <i>Température</i> : 1° Chauffage (p. 21) ; - 2° Réfrigération (p. 22). — B. <i>Eclairement</i> : 1° Eclairement continu (p. 23) ; - 2° Obscurité (p. 23) ; - 3° Variations de l'intensité d'éclairement (p. 25) ; - 4° Variations de la durée d'éclairement (p. 27). — C. <i>Salinité</i> (p. 27).	

Troisième Partie. — RÉGÉNÉRATION ET FACTEURS INTERNES

<i>Chapitre Premier.</i> — VARIATIONS NATURELLES DES FACTEURS EXTERNES ET MODIFICATIONS DES FACTEURS INTERNES DE L'ACTIVITÉ PHYSIOLOGIQUE.....	27
A. <i>La glande thyroïde</i> (p. 28). — B. <i>Les gonades</i> (p. 30).	
<i>Chapitre II.</i> — VARIATIONS EXPÉRIMENTALES DES FACTEURS EXTERNES ET MODIFICATIONS DES FACTEURS INTERNES DE L'ACTIVITÉ PHYSIOLOGIQUE.....	31
A. <i>Chauffage</i> (p. 31). — B. <i>Réfrigération</i> (p. 32). — C. <i>Eclairement</i> (p. 32). — D. <i>Salinité</i> (p. 33). — E. <i>Nutrition</i> (p. 33).	
<i>Chapitre III.</i> — MODIFICATIONS EXPÉRIMENTALES DES FACTEURS INTERNES.....	34
A. <i>La glande thyroïde</i> (p. 34) : Action des antithyroïdiens (p. 36) ; - Action de la prégnéninolone (p. 37) ; - Action de la thyroxine (p. 39). — B. <i>Les gonades</i> (p. 40). — C. <i>L'hypophyse</i> (p. 40) : 1° Hypophysectomie (p. 40) ; - 2° Action de l'hormone gonadotrope (p. 42) ; - 3° Action de l'hormone thyroïdienne (p. 42).	
CONCLUSIONS	43
TABLEAUX	46
BIBLIOGRAPHIE	55

INTRODUCTION

Le pouvoir de régénération a été observé chez la plupart des êtres vivants. On y voit généralement une des manifestations vitales fondamentales. Les Invertébrés ont fait l'objet de très nombreux travaux. Plus tard, les Vertébrés furent aussi utilisés pour l'expérimentation et spécialement les Amphibiens, chez lesquels le phénomène se manifeste nettement et fortement pour la plupart des organes, avec des modalités extrêmement diverses. L'un des biologistes qui a fait le plus largement progresser nos connaissances sur le phénomène général de la régénération, TH. MORGAN, a utilisé comme matériel les Poissons Téléostéens.

Dans l'ensemble, les Vertébrés sont aptes à la régénération, comme la plupart des groupes d'Invertébrés. Pourtant, il faut reconnaître que le pouvoir régénérateur s'affaiblit chez eux considérablement chez les adultes par rapport aux jeunes. Tous les organes, toutes les parties du corps ne sont d'ailleurs pas capables de régénération; pourtant le tissu osseux, caractéristique des Vertébrés, a un important pouvoir néoformateur. La régénération de l'os est possible, s'opère même chez les Vertébrés les plus évolués chez lesquels le pouvoir régénérateur est très faible, la régénération n'étant à vrai dire, le plus souvent, qu'une réparation locale.

Chez les Poissons, le pouvoir régénérateur est cependant encore important. Les membres — les nageoires — sont capables de se régénérer après une section. En 1786,

déjà, BROUSSENET publie ses « Observations sur la régénération de quelques parties du corps des Poissons », où il montre justement que les nageoires sectionnées peuvent se reformer. Dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences de 1869, PHILIPPEAUX, lui aussi, étudie la régénération des nageoires. Cependant, WEISSMANN, en 1892, déclarait que « les Poissons étaient incapables de régénérer leurs nageoires pectorales et pelviennes lorsqu'elles sont sectionnées, ces animaux étant beaucoup moins élevés en organisation que les Salamandres, qui, elles, sont capables de régénération ».

C'est MORGAN qui montra que cette affirmation était complètement fausse, dans ses travaux sur *Cténolabrus*. Il a été le premier à expérimenter effectivement sur les nageoires. Il s'est surtout attaché à l'aspect morphologique de la question. Selon la direction de la section, les différentes parties de la nageoire régénèrent plus ou moins vite. En tout cas, d'une manière générale, la forme normale est rétablie à la fin de la régénération. Une régulation intervient; en particulier dans le cas des nageoires n'ayant pas une forme régulière la croissance se fait plus ou moins régulièrement selon les points, de manière à rétablir en définitive la forme primitive. Lorsque la section est irrégulière, la vitesse de régénération n'est pas la même en tous les points. Lorsque la section est oblique, la régénération est plus rapide dans la région basale que dans la région distale. Un autre fait, signalé en premier par MORGAN, est que les rayons régénérés sont perpendiculaires au plan de la section et, de ce fait, rarement en prolongation exacte de la partie qui subsiste des rayons.

Toute une série de travaux ont, par ailleurs, été effectués sur l'aspect morphologique de cette régénération. Il nous faut citer les noms de BOGACKI (1906), de MORRIL, de SCOTT qui ont travaillé sur *Fundulus heteroclitus* (1906), de DUNCKER (1905) sur les Syngnathidés, de BEIGEL (1912), de FADDA (1923) sur *Cyprinodon calamitatus*.

Ainsi, chez les Poissons, la régénération est un phénomène normal, facilement réalisable expérimentalement et les nageoires des Téléostéens représentent un excellent matériel pour l'étude expérimentale.

Le présent travail a été réalisé en partie au Laboratoire de Zoologie de l'Ecole Normale Supérieure, en partie au Laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer.

Je tiens à exprimer ici toute ma reconnaissance à mes maîtres et à tous ceux qui m'ont encouragée et aidée dans la réalisation de ces recherches : Monsieur le Professeur ROBERT LÉVY, dont la bienveillance et les conseils m'ont été si précieux; Monsieur le Professeur PRENANT, qui a inspiré ce travail; Monsieur le Professeur PETIT qui m'a si cordialement accueillie au Laboratoire Arago; Messieurs les Professeurs FAURE-FRÉMIET, TEISSIER et GALLIEN.

A tous ceux qui m'ont amicalement apporté leur concours : Messieurs M. BLANC, P. BOUGIS, C. DELAMARE-DEBOUTEVILLE, M. LAMOTTE, J. LELOUP, Mademoiselle M. OLIVEREAU, Messieurs THIBAUT et TUCHMANN-DUPLESSIS. Au personnel de l'Ecole Normale Supérieure, au personnel du Laboratoire Arago, j'adresse mes plus sincères remerciements.

PREMIÈRE PARTIE. — LA RÉGÉNÉRATION NORMALE DE LA NAGEOIRE

CHAPITRE PREMIER. — LA NAGEOIRE DES TÉLÉOSTÉENS

Avant d'entrer dans la description de notre travail expérimental, il est nécessaire de préciser certaines notions anatomiques et histologiques concernant les organes sur lesquels il a porté, de définir certains termes, de rappeler certaines recherches effectuées sur la question. Il nous faut, en particulier, parler des nageoires des Téléostéens, de leur morphologie, de leur structure, puisqu'il nous faudra en suivre la reconstitution au cours de la régénération, des différentes catégories de nageoires, des différentes sortes de rayons, dont il faudra comparer la régénération.

La nageoire est un des organes les plus caractéristiques des Poissons. Il faut distinguer les nageoires paires des nageoires impaires. Dans ces dernières, il faut ranger les nageoires dorsales, anales et caudales. Il y a seulement deux sortes de nageoires paires, les nageoires pectorales et pelviennes, correspondant respectivement aux membres antérieurs et postérieurs des Vertébrés terrestres.

Les nageoires comprennent une partie basilaire, formée de pièces osseuses situées à l'intérieur du corps, et une partie terminale, formée de baguettes osseuses : ce sont les rayons de la nageoire.

Les nageoires impaires sont médianes et s'étalent dans un plan vertical. Elles sont soutenues par un endosquelette formé d'une ou de plusieurs séries de pièces osseuses reposant sur la colonne vertébrale et supportant les rayons.

L'endosquelette des nageoires paires diffère de celui des nageoires impaires par sa disposition générale : par la suite de l'extrême raccourcissement de ses pièces, les rayons dermiques exosquelettiques s'insèrent presque directement sur la ceinture. La nageoire pectorale s'insère ainsi sur la ceinture scapulaire. Il n'y a pas de vraie ceinture pelvienne. L'os, sur lequel s'articulent les rayons de chaque nageoire pelvienne, est plutôt l'homologue des pièces basales de la nageoire proprement dite. Il arrive d'ailleurs, dans les groupes les plus évolués (où les nageoires, au lieu d'être très en arrière des pectorales, peuvent être à leur niveau ou même antérieures), que les os pelviens soient unis par des ligaments à la ceinture scapulaire.

Ce sont les rayons dermiques qui soutiennent la partie externe de la nageoire. Depuis GOODRICH, on appelle ces rayons « *lépidotriches* ». En général, ils sont formés de deux parties soudées longitudinalement. A la base les deux éléments divergent un peu et englobent le support endosquelettique : le lépidotriche est étroitement attaché par un ligament à la partie distale de l'endosquelette (PARKER, COLE, JOHNSON et BRIDGE ont décrit ces faits). Pour les nageoires dorsales et anales, le nombre de lépidotriches correspond exactement à celui des rayons endosquelettiques. Pour les nageoires paires et pour la nageoire caudale, ils sont en nombre beaucoup plus grand.

Chez les Téléostéens, les lépidotriches sont terminés par une série de petits filaments cornés, décrits par LA VALETTE SAINT-GEORGES et que RYDER a appelé « *actinotriches* ». Les lépidotriches sont articulés avec les rayons endosquelettiques : de là vient la faculté qu'ont les nageoires des Téléostéens de se replier. Ces rayons sont primitivement formés de plusieurs pièces successives articulées entre elles : on parle alors de *rayons mous*. Dans les groupes plus évolués, certains rayons sont faits d'une seule pièce osseuse rigide que l'on qualifie souvent de *rayons épineux*. La présence ou l'absence de rayons épineux joue un grand rôle en systématique. Les rayons mous se dichotomisent souvent à leur extrémité. Pour une même nageoire, les premiers rayons peuvent être simples et non ramifiés; au contraire, les suivants peuvent être des rayons mous typiques. Ces rayons mous articulés sont de type à peu près uniforme.

La structure des rayons mous est complexe. PRENANT a pratiqué des examens *in toto* et a montré que la texture de la partie distale est purement transversale; pour les articles précédant le dernier, une fibrillation longitudinale s'y superpose. Dans la région proximale, où se fait la croissance en épaisseur, s'ajoute une couche osseuse périphérique, qui ne comporte qu'une fibrillation radiale. La structure transversale est masquée, dans la région terminale, par la présence des actinotriches.

Dans la structure des rayons durs on n'a jamais vu de stries transversales, même dans ceux des Syngnathides qui sont, assurément, les plus proches des rayons mous, et n'en diffèrent guère que par l'absence d'articulations. Il semble donc que la structure transversale primaire et l'existence d'articulations soient deux caractères liés.

En ce qui concerne la croissance des rayons, PRENANT dément catégoriquement l'affirmation d'HARRISON, selon laquelle elle est en partie intercalaire. HARRISON dit, par ailleurs, que les articulations se font par fracture secondaire du rayon osseux d'abord continu, ce que PRENANT dément aussi. Pour lui, les rayons osseux articulés s'accroissent par addition successive d'articles à leur extrémité. Chaque article débute par une ébauche proximale, s'étend peu à peu en direction distale et se trouve délimité de ce côté avant que ne commence à s'ébaucher l'article suivant. Les articulations apparaissent donc de façon primaire. Pourtant, lors de la première apparition des rayons osseux chez les embryons, ces rayons s'accroissent de façon continue et arrivent ainsi à une grande longueur (cela explique peut-être la divergence entre PRENANT et HARRISON). Mais le rayon embryonnaire correspond sans doute simplement au rayon basilaire; s'il semble relativement plus allongé, c'est qu'il n'a pas terminé sa croissance en épaisseur.

BLANC, en 1947, confirme le fait que la croissance est distale d'une part, que l'article basilaire diffère des autres en ce sens que sa croissance est continue; tandis que les articles moyens ont une longueur à peu près fixée. Il montre, en effet, que le tissu osseux de la région distale du dernier article et de la région proximale de l'article basal est du tissu ostéoïde. Ce tissu est caractérisé par l'absence de cellules osseuses dans la substance fondamentale et se rencontre chez tous les Téléostéens au début du développement du squelette.

Les rayons durs, non articulés, dérivent-ils des rayons mous ? En fait, les rayons durs sont de types très divers : certains d'entre eux ressemblent beaucoup aux articles basilaires des rayons mous en général (Syngnathides). On peut se demander si ce ne sont pas les équivalents morphologiques d'articles basilaires qui ne se limiteraient pas distalement, et dont la croissance se poursuivrait plus longtemps.

CHAPITRE II. — MATÉRIEL ET TECHNIQUES

Ainsi que nous l'avons vu, le phénomène de régénération a été constaté depuis fort longtemps dans un grand nombre d'espèces. Nous avons pu, personnellement, l'observer chez tous les Téléostéens sur lesquels nous avons travaillé. Evidemment, les modalités selon lesquelles se déroule le phénomène varient avec les espèces étudiées et avec les conditions dans lesquelles se trouvent les individus. Nous préciserons ultérieurement ces conditions. Mais dès maintenant, nous pouvons dire que la régénération est un phénomène à peu près constant dans les conditions normales de vie des Téléostéens.

Notre étude a porté sur un grand nombre de Téléostéens marins et d'eau douce.

Parmi les Téléostéens d'eau douce : *Ameiurus nebulosus* L., *Cyprinus carpio* L., *Gobio gobio* L., *Phoxinus phoxinus* L. — Des Cyprinodontes : *Xiphophorus hellerii* Heckel, *Lebistes reticulatus* (Peters), *Gambusia holbrooki* (détermination d'après les conclusions de W. T. INNES).

Ces Cyprinodontes présentent un grand intérêt du point de vue expérimental. Du fait de leur petite taille, on peut les placer dans des récipients petits, exigeant un faible volume d'eau. Pour une même expérience, on peut utiliser un grand nombre d'individus. Par ailleurs, leur développement et leur croissance sont très rapides et la régénération aussi. Enfin, la transparence de leurs nageoires permet des études *in vivo* au microscope et des mesures au micromètre oculaire des nageoires en cours de régénération.

Parmi les Poissons marins : *Julis vulgaris* Flem., *Mugil capito* C. V., *Mugil auratus* Risso, *Gobius capito* C. V., *Heliastes chromis* L., *Serranus cabrilla* L., *Scorpaena scrofa* L.

Les animaux sont, pour la plupart, placés dans des aquariums à eau courante. Les aquariums sont suffisamment vastes pour que les Poissons puissent vivre et se développer normalement. Il est préférable de ne pas mélanger les espèces, pour éviter les luttes entraînant des blessures et plaçant les animaux dans de mauvaises conditions physiologiques.

Les petits animaux, comme les Cyprinodontes, peuvent être placés dans des aquariums sans eau courante, du moment que le volume d'eau est suffisant et qu'elle est fréquemment renouvelée.

TECHNIQUES. — Nous avons pratiqué les sections à quelques millimètres de la base à l'aide d'un instrument très tranchant pour éviter les escarres. L'hémorragie est rarement importante et s'arrête, en tout cas, très vite. Les animaux qui s'infectent facilement (mais ce sont des cas assez rares) sont placés quelques heures dans un aquarium contenant, en solution, du bleu de méthylène ou du permanganate de potassium.

Les divers traitements hormonaux sont faits par injections sous-cutanées dans la cavité péritonéale ou par bains dans des solutions de la substance dont on veut étudier l'action.

Pour l'observation *in vivo* et les mesures, les animaux doivent parfois être anes-

thésisés. Ayant eu quelques accidents avec l'éther, nous avons ensuite utilisé avec plus de succès de l'uréthane à 2 % dans l'eau douce ou dans l'eau de mer. Ces solutions doivent fréquemment être renouvelées. Les animaux ainsi endormis se réveillent rapidement et supportent des anesthésies successives.

MESURES. — Les mesures ont été faites le plus régulièrement possible. Pour les *Gambusia*, la transparence des nageoires nous a permis de faire les mesures sous le microscope avec un micromètre oculaire. Ici, c'est toujours la nageoire caudale que nous avons sectionnée. Aussi, avons-nous pris comme repère de base le point où l'artère, pénétrant dans la nageoire, se divise en deux branches perpendiculaires. Les longueurs mesurées sont toujours celles du premier rayon à la droite de cette bifurcation.

Pour les Poissons plus gros, nous avons relevé, avec un compas à pointe sèche, l'écart entre un point repère fixe à la base et l'extrémité distale. Cet écart est reporté sur du papier millimétré. Lorsque la nageoire n'est pas formée de rayons de longueur identique, il faut prendre certaines précautions; ainsi, toutes les mesures ont été faites sur les rayons médians pour la caudale, sur le premier rayon pour les pectorales et les autres nageoires (sauf si ce premier rayon est d'une nature différente des rayons suivants).

A l'aide de mesures de la nageoire avant l'amputation, de mesures journalières ou hebdomadaires selon l'importance des variations constatées pour cette nageoire au cours de la régénération et des chiffres ainsi obtenus, nous avons pu établir des rapports dont les variations en fonction du temps indiquent la vitesse de régénération.

Nous avons considéré les rapports entre la longueur L de la nageoire avant l'amputation et les longueurs l de celle-ci mesurées en cours de régénération : soit $\frac{l}{L}$. Nous avons défini comme *vitesse de régénération* les variations de ce rapport en fonction du temps, ce qui nous a permis d'établir des courbes traduisant graphiquement ces variations.

Une critique pourrait être faite de cette méthode : si la section était faite très près de l'extrémité de la nageoire, le rapport $\frac{l}{L}$ serait, dès le début de l'expérience, voisin de L . Mais — pratiquement — nous avons toujours réalisé l'amputation en respectant environ le quart de la nageoire. Le champ de la variation est donc compris entre 25 % et 100 %, c'est-à-dire que la sensibilité est encore grande.

D'autre part, les courbes, que nous avons pu établir pour différents individus d'une même expérience, montrent plus clairement — leurs points de départ se trouvant légèrement décalés — combien sont faibles en général les variations individuelles (fig. 4).

Enfin, les courbes ainsi établies traduisent l'état complet de la nageoire à tous les moments de l'expérience, la région située en dessous de l'origine correspondant à la partie de la nageoire non affectée par l'amputation.

Les tableaux, correspondant aux différentes données expérimentales des rapports ainsi établis, sont reproduits en appendice, à la fin de ce travail. Pour chaque expérience — afin de comparer les résultats — nous avons calculé la moyenne arithmétique. Il importait de voir quelle confiance on était en droit d'accorder à chaque moyenne et de rechercher dans quelle mesure deux séries de moyennes différaient significativement. Le calcul statistique classique nous a permis de vérifier la valeur significative de nos résultats.

La dispersion des mesures, est donnée par l'écart type : $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - m)^2}{n}}$ et celle d'une moyenne par l'erreur standard : $\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$. L'intervalle de confiance d'une moyenne s'obtient en reportant de part et d'autre la quantité : $t \times \sigma_m$, où t est le coefficient, donné par les tables de FISHER et YATES, qui dépend du nombre d'individus de l'échantillon et du coefficient de sécurité choisi : ici 95 %.

Dans nos tableaux, pour chaque série de mesures faites dans les mêmes conditions sur des individus différents, nous indiquons, en bas de la colonne des rapports individuels, la moyenne de ces rapports et l'erreur standard de la moyenne qui s'y attache.

On pouvait donner une autre définition de la « vitesse de régénération » et la calculer un peu différemment. Il était possible d'établir les variations, en fonction du temps, du rapport entre la longueur du régénérat et la longueur de la partie amputée : L : longueur initiale, l : longueur au temps t , a : longueur du moignon.

Ainsi le rapport serait : $\frac{l-a}{L-a}$, alors que nos courbes ont été établies d'après le rapport $\frac{1}{L}$.

Nous donnons ici un tableau correspondant à une vitesse de régénération établi d'après le rapport : $\frac{l-a}{L-a}$ (tableau n° 1 *bis*). Les courbes individuelles correspondantes sont groupées et l'angle correspondant à la moyenne est évidemment plus aigu que dans l'autre cas. L'erreur standard à la moyenne est un peu plus faible que dans l'autre méthode de mesure.

CHAPITRE III. — LA CICATRISATION

Il faut distinguer le phénomène de cicatrisation du phénomène de régénération (MILLOT). La cicatrisation comporte plusieurs phases :

1° L'hémorragie déterminée au niveau de la blessure s'arrête du fait de la formation d'un caillot, qui a un double rôle : arrêter l'écoulement sanguin et, en même temps, assurer une protection contre la dessiccation des tissus lésés et contre un dépôt de poussière et de bactéries.

2° La circulation, qui a été arrêtée par la blessure, va se rétablir rapidement : en effet, les capillaires traumatisés bourgeonnent et se multiplient.

3° La circulation étant rétablie, l'assise tégumentaire entre en activité. La plaie est recouverte d'une couche mince, bientôt continue, de cellules intactes. Cette couche s'épaissit en profondeur. La substance fibreuse prédomine. En effet, au cours du phénomène, il faut noter une activité toute particulière des éléments conjonctifs.

La plaque cicatricielle apparaît comme une bande non pigmentée, assez molle, plus ou moins large (2 à 3 mm), différant par son aspect et sa structure des tissus environnants. Au début de la cicatrisation, les déchets, formés au moment de l'accident, sont évacués par les cellules phagocytaires présentes. Ces produits de la désintégration cellulaire sont repris par la circulation et, selon certaines théories, ce seraient eux qui déclencheraient les processus régénérateurs.

La cicatrisation n'est pas toujours suivie de régénération. Mais lorsque la régénération se produit, elle est toujours précédée d'une cicatrisation. La fermeture de la plaie est toujours précoce.

Cette cicatrisation de la plaie s'accompagne toujours, dans le cas des nageoires, d'un remaniement des rayons osseux : la section de ceux-ci n'est jamais régulière. En tout cas, elle présente toujours des angles vifs. L'os peut aussi être fendu sur une certaine longueur, longitudinalement; des esquilles peuvent s'être formées : celles-ci sont rapidement éliminées, mais si l'os a été trop abîmé, ceci peut retarder la formation de la plage cicatricielle. Ensuite, tout à fait localement, se produisent des remaniements de l'os : les arêtes vives disparaissent, la section s'arrondit et est rapidement recouverte par la plage de conjonctif cicatriciel. Cette cicatrisation est, pour toutes les espèces de Téléostéens qui ont été étudiées, suivie, dans la plupart des cas, par une régénération.

La régénération est parfois longue à se déclencher — nous verrons dans quelles circonstances. Dans ce cas, le bourrelet cicatriciel s'épaissit. Mais jamais, chez les Téléostéens, cet épaississement n'est suffisant pour inhiber la cicatrisation — lorsque les conditions le permettent. WINTREBERT (1903) a montré qu'au contraire, chez les Batraciens, un épaississement excessif du bourrelet empêchait la régénération et qu'il fallait faire une section nouvelle dans la région cicatricielle pour que la réparation osseuse commence.

CHAPITRE IV. — DÉBUT DE LA RÉGÉNÉRATION OSSEUSE PROPREMENT DITE

Notons tout de suite que le temps qui suit la cicatrisation et précède la régénération osseuse varie avec certaines conditions.

1° LE TEMPS PRÉCÉDANT LA RÉGÉNÉRATION OSSEUSE EST PLUS OU MOINS LONG SUIVANT LE RAYON SECTIONNÉ. — Nous avons vu qu'il existait différentes sortes de rayons osseux dans les nageoires de Téléostéens : les rayons mous, formés d'articles successifs dichotomisés et les rayons épineux, formés d'une seule pièce osseuse rigide.

Nous avons pu observer que la réparation des rayons mous était beaucoup plus précoce que celle des rayons épineux. Ainsi, chez *Ameiurus nebulosus*, pour les nageoires pectorales et pour la nageoire dorsale, le premier rayon est une épine. Une section, sur toute la largeur d'une de ces nageoires, atteint donc à la fois les rayons mous et les rayons épineux. La réparation de l'extrémité est beaucoup plus lente pour le rayon qui est beaucoup plus épais et dont la section est, de ce fait, toujours beaucoup plus irrégulière. Pourtant, assez vite, la plage cicatricielle recouvre la totalité de la section; il faut noter toutefois qu'elle est généralement plus large au niveau des rayons mous que de l'épine qu'elle recouvre simplement. Pendant un certain temps, il peut même sembler, en voyant la régénération s'amorcer, puis démarrer à la hauteur des rayons mous, que la réparation s'arrêtera là pour l'épine et qu'elle ne sera pas complétée par une vraie régénération d'os. Pourtant, dans ce cas particulier, alors qu'environ trois semaines, un mois après la section, la régénération des rayons mous commence à être visible, on

n'assiste qu'au bout d'un temps beaucoup plus long, six semaines à deux mois, à une réparation osseuse du rayon épineux.

2° LE TEMPS PRÉCÉDANT LA RÉGÉNÉRATION OSSEUSE EST AUSSI PLUS OU MOINS LONG, SUIVANT LE NIVEAU AUQUEL ON OPÈRE LA SECTION. — A ce sujet, rappelons les différentes observations qui ont été faites sur la possibilité de régénération des nageoires, si celles-ci sont sectionnées au ras du corps. Sur ce point les différents auteurs n'ont pas toujours été d'accord.

En 1786, BROUSSENET déclare que, dans ce cas, la régénération est très lente. Pour PHILIPPEAUX (1869), elle est alors absolument impossible. Pour BEIGEL (1912), qui a travaillé sur divers Téléostéens (*Salmo fario*, *Tinca vulgaris*, *Cyprinus carpio*, *Cobitis taenia*, *Ameiurus nebulosus*), la régénération n'est possible que si l'amputation laisse en place un morceau suffisamment long de lépidotriches. Ceci pour la nageoire caudale. Pour les autres nageoires tronquées à la base, il reconnaît la possibilité d'une régénération incomplète. La diversité des résultats obtenus par les divers auteurs est due en partie à la diversité du matériel utilisé et aux conditions hétérogènes des expériences.

TABLEAU A

Jours après l'amputation :	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	10	—	12	13	15	16	17	23	30
	15	—	16	16	—	—	—	20	34
	16	17	18	—	20	21	27	35	45
Longueur du moignon	27	—	28	30	37	43	49	57	—
	29	—	31	32	36	40	49	55	—
	30	—	31	—	39	45	50	58	—

Pour les alevins, la régénération de la caudale semble toujours possible (NUSBAUM, 1904; BERZOLARI, 1918). En tout cas, il semble que si l'amputation laisse tant soit peu de la base, la régénération est toujours possible, surtout chez les jeunes (KING-LI-PIN; TCHANG-YUNG-TAI, 1930; MAGLIO, 1931).

Sans reprendre ces cas extrêmes, voyons ce que donnent des sections pratiquées à des niveaux sensiblement parallèles, mais plus ou moins proches de l'extrémité distale. Pour ces expériences, nous avons utilisé comme matériel des *Gambusia* que nous avons amputés de leur nageoire caudale.

Les mesures faites au micromètre oculaire nous ont permis de savoir à quel moment exactement commençait la régénération des rayons osseux. Nous avons constaté ainsi que, plus la section est faite près de la base de la nageoire, plus le temps précédant la régénération des rayons osseux est long : le temps de cicatrisation et de préparation de la régénération précédant le démarrage effectif de celle-ci est fonction de la longueur de la partie respectée par l'amputation. Lorsque la longueur de cette partie correspond à 10 ou 15 % de la longueur initiale de la nageoire, il faut attendre (dans les cas optimum normaux) le 6^e jour pour voir la régénération commencer. Lorsque la longueur correspond à environ 30 % et plus, la régénération est visible dès le 3^e ou 4^e jour. Ces faits découlent du tableau A.

Pour des amputations faites encore plus près de l'extrémité (partie non amputée correspondant à plus de 30 %), le temps de latence est sensiblement le même : la régénération est sensible le 3^e ou 4^e jour. Toutes nos expériences ont été réalisées par la suite en amputant la nageoire d'environ les 3/4 de sa longueur.

En cherchant à expliquer pourquoi le niveau de l'amputation intervient sur le temps de latence précédant la régénération, nous avons été conduits à faire des observations concernant l'irrigation sanguine normale de la nageoire et son rétablissement dans les régénérats :

a) *Irrigation normale.* — L'observation, *in vivo*, d'une nageoire caudale intacte nous a montré les faits suivants (fig. 1). Il existe un vaisseau afférent, dans le prolongement de la colonne vertébrale qui pénètre dans la région médiane de la nageoire caudale; il est relativement important, car tout le sang qui va irriguer la nageoire passe par ce vaisseau. Dans la région terminale des articles basaux, ce vaisseau unique va se diviser et donner un vaisseau ascendant par rayon (à l'intérieur même du rayon); ce vaisseau se dichotomiserà en même temps que le rayon et donnera dans la région tout à fait distale un véritable système capillaire à l'extrémité de chaque rayon. De ces capillaires sortent deux vaisseaux ascendants par rayon (extérieurs et de part et d'autre du rayon). Ils se réunissent tous au niveau des articles basaux et donnent un vaisseau efférent unique, qui emmène le sang hors de la nageoire.

b) *Rétablissement de l'irrigation après une section.* — L'irrigation est d'autant plus perturbée que la section est faite près de la base de la nageoire. Lorsque la section est faite au niveau des articles basaux, avant la division du vaisseau afférent primaire, l'irrigation sanguine de la plage cicatricielle superficielle, qui est très importante au moment de la cicatrisation, sera longue à s'établir. Or, elle est nécessaire pour permettre l'apport sanguin au niveau de tous les rayons. Au contraire, lorsque la section est faite au niveau des articles suivants, le vaisseau afférent est déjà divisé : le capillaire se forme plus vite dans le bourrelet cicatriciel et les rayons seront directement alimentés. Dans la région tout à fait distale, les vaisseaux afférents étant encore plus ramifiés, le système capillaire sera encore plus rapidement rétabli.

Or, les matériaux nécessaires à l'ossification, et permettant la régénération des rayons, sont apportés par le sang. Il est vraisemblable que c'est de la rapidité plus ou moins grande avec laquelle se rétablit l'irrigation au niveau sectionné que dépend la rapidité du départ de la régénération après la section.

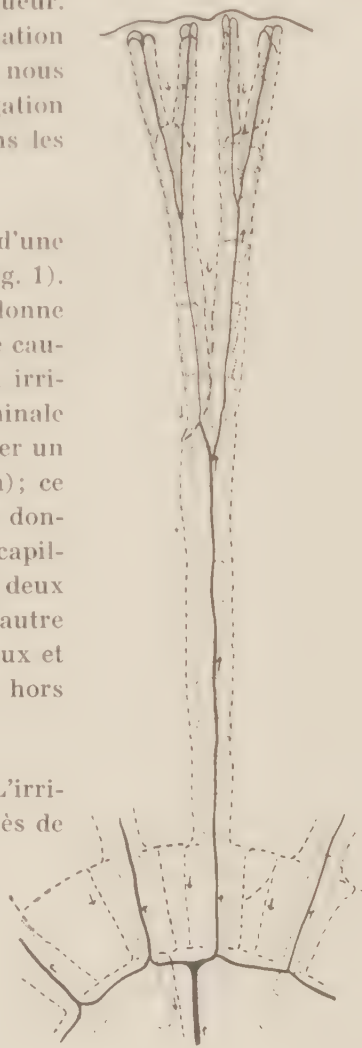


FIG. 1. — Circulation dans la nageoire caudale. (*Gambusia*.)

CHAPITRE V. — LA RÉGÉNÉRATION DES RAYONS OSSEUX

La cicatrisation étant terminée, la régénération commence après un délai plus ou moins long. L'important, dans la régénération des nageoires, c'est la réparation osseuse des rayons dermiques.

Nous, ne voulons pas faire ici l'étude morphologique et histologique de la régénération. Ceci a fait l'objet de nombreux travaux (NABRIT, 1929) et dernièrement, en particulier, de ceux de M. BLANC. Rappelons simplement ce que nous avons pu vérifier en observant, *in vivo*, la régénération d'un rayon de la nageoire caudale, plus particulièrement chez *Gambusia* et en suivant les progrès journaliers de cette régénération.

La disposition du régénérat, par rapport à la partie au-dessous de la section, varie selon l'orientation de la section. La régénération de l'article sectionné est plus ou moins régulière. Il ne reprend pas forcément la même taille que l'article primitif. On constate toujours, et cela persiste longtemps après la fin de la régénération, une sorte de cal épais au niveau de la section.

La régénération des articles suivants est tout à fait comparable à la formation normale des rayons au cours de la croissance. Ainsi, dans les rayons régénérés, on retrouve le même nombre d'articles que pour les nageoires normales et ces articles ont sensiblement la même longueur. Au cours de la régénération, les rayons se dichotomisent lorsqu'un certain nombre d'articles est formé (de même qu'au cours de la croissance). Pendant un certain temps, ils restent plus minces que dans la partie non régénérée, la croissance en épaisseur se faisant postérieurement.

L'irrigation se rétablit dans le régénérat au fur et à mesure que celui-ci se développe : à l'extrémité de la nageoire en régénération on a toujours un réseau capillaire ramifié et assez fragile.

CHAPITRE VI. — LA VITESSE DE RÉGÉNÉRATION

La vitesse de régénération que nous avons définie plus haut (voir page 7) présente de grandes variations traduisant les différents aspects du phénomène de régénération. Il nous faut étudier, pour peut-être en tenir compte, un facteur intervenant simultanément et d'une manière susceptible d'être importante chez les individus jeunes : la croissance normale.

En faisant les mesures de régénérats, nous avons, à intervalles réguliers, mesuré la longueur du corps (jusqu'à la base de la nageoire caudale). Ainsi, il nous a été possible de suivre la croissance. En admettant que, pour une période aussi courte (10 jours pour les individus jeunes), la croissance de la nageoire soit directement proportionnelle à la croissance totale (le décalage avec la courbe tenant compte de l'allométrie de croissance est en effet insignifiant pour un temps si petit), nous pouvons calculer ce que

devrait être la nageoire à la fin de cette période si on ne l'avait pas sectionnée. Comme notre calcul de la vitesse consiste à établir le pourcentage du régénérat en fonction de la longueur primitive de la nageoire, considéré comme étant 100 %, nous faisons là évidemment une erreur qu'il nous faut apprécier. En réalité, il nous faudrait prendre comme 100 % à la fin de l'expérience la longueur calculée en faisant intervenir la croissance.

Nous avons réalisé ce calcul pour un certain nombre d'individus :

a) *Longueurs jusqu'à la base de la nageoire caudale :*

Pour des jeunes dont la longueur totale est inférieure à 2 cm :

Au début de l'expérience	A la fin de l'expérience
a) 1,34.....	1,39 soit + 0,05 cm
b) 1,29.....	1,38 » + 0,09
c) 1,38.....	1,42 » + 0,04
d) 1,41.....	1,50 » + 0,09
e) 1,30.....	1,36 » + 0,06

soit un accroissement moyen de 0,06 en deux semaines.

b) *Longueurs des nageoires caudales au début de l'expérience :*

a) 0,34 — b) 0,35. — c) 0,35. — d) 0,36. — e) 0,28.

A la fin de l'expérience, elles devraient mesurer :

$$\begin{aligned}
 a) \quad & \frac{0,34 \times 1,39}{1,34} = 0,35 \\
 b) \quad & \frac{0,35 \times 1,38}{1,29} = 0,37 \\
 c) \quad & \frac{0,35 \times 1,42}{1,38} = 0,36 \\
 d) \quad & \frac{0,36 \times 1,50}{1,41} = 0,38 \\
 e) \quad & \frac{0,28 \times 1,36}{1,30} = 0,29
 \end{aligned}$$

Les erreurs sont donc en définitive de 1 ou 2/100. Ce qui peut être négligé. Et nous sommes dans le cas où la croissance est le plus sensible. Le décalage de la courbe réelle par rapport à la courbe tracée est insignifiant.

Pour des mâles adultes, un calcul analogue nous donne des erreurs de 0,2 à 0,8 %, ce qui est encore plus négligeable.

LES DONNÉES EXPÉRIMENTALES

Avant d'étudier les facteurs jouant un rôle « déterminant » dans la régénération, il nous faut préciser les données expérimentales concernant le matériel vivant utilisé et intervenant vraisemblablement quelles que soient les conditions extérieures de l'expérience. Il faut s'assurer de l'homogénéité du matériel vivant utilisé. Nous avons cru utile d'opérer sur plusieurs espèces, car nous avons pu constater de grandes variations, avec les différentes espèces, du temps nécessaire pour obtenir une réparation complète de la nageoire amputée.

Pour *Ameiurus nebulosus*, le phénomène est relativement lent; il ne se manifeste déjà effectivement qu'environ trois semaines, un mois après l'amputation. Il met environ cinq ou six mois, si ce n'est plus, à se réaliser complètement.

Pour *Mugil capito* et *Julis vulgaris*, il faut environ trois mois pour que la réparation soit totale.

Pour des animaux dont la croissance est infiniment plus rapide, comme les Cyprinodontes, la régénération est aussi infiniment plus rapide : au bout de quelques jours, elle est déjà appréciable et nous avons pu constater des variations sensibles journalièrement.

La figure 2 résume ces principales différences :

Ces courbes nous montrent que, si chez *Gambusia* les mesures doivent être journa-

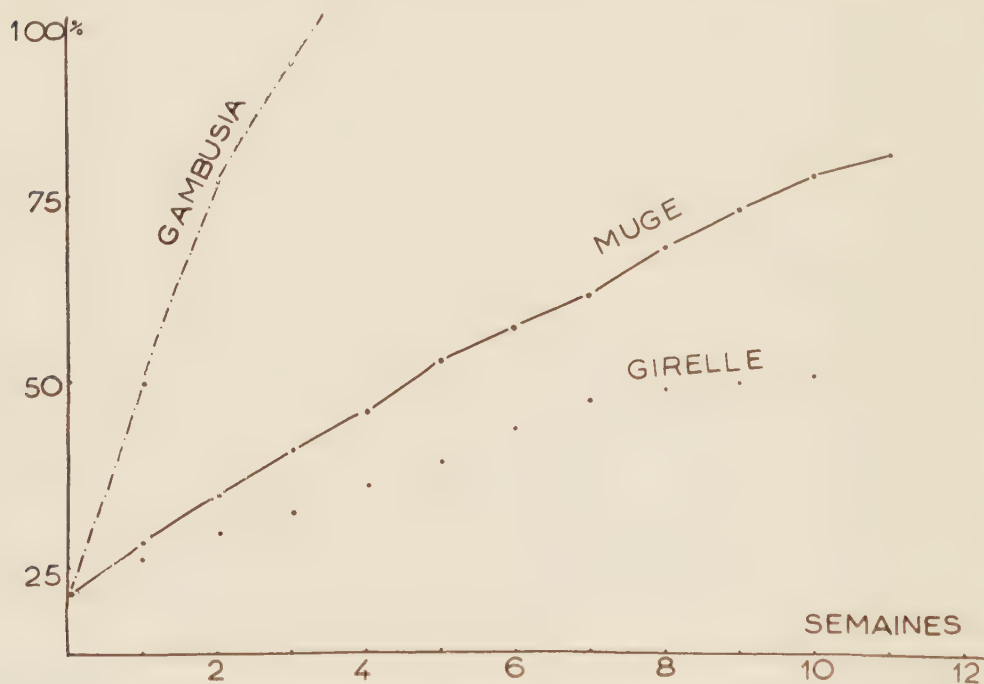


FIG. 2. — Vitesse de régénération des nageoires caudales de différentes espèces (moyennes).

lières, bihebdomadaires au maximum, chez *Mugil* ou *Julis* des mesures hebdomadaires sont largement suffisantes.

Il importait de préciser l'âge des individus sur lesquels nous avons expérimenté. Le pouvoir de régénération est plus grand chez les jeunes que chez les adultes. Nous avons vérifié ce fait sur de jeunes *Ameiurus*. Des mesures, faites sur de jeunes *Gambusia*, nous ont montré une différence de 100 % (10 à 15 jours pour les jeunes, contre 20 à 25 jours pour des adultes) (fig. 3).

Dans la suite de nos expériences, nous nous sommes toujours efforcés d'utiliser des animaux d'âge voisin.

Nous pouvons penser, *a priori*, que le sexe de l'individu sur lequel on expérimentait pouvait intervenir dans la vitesse de régénération. Cela ne semble pas être,

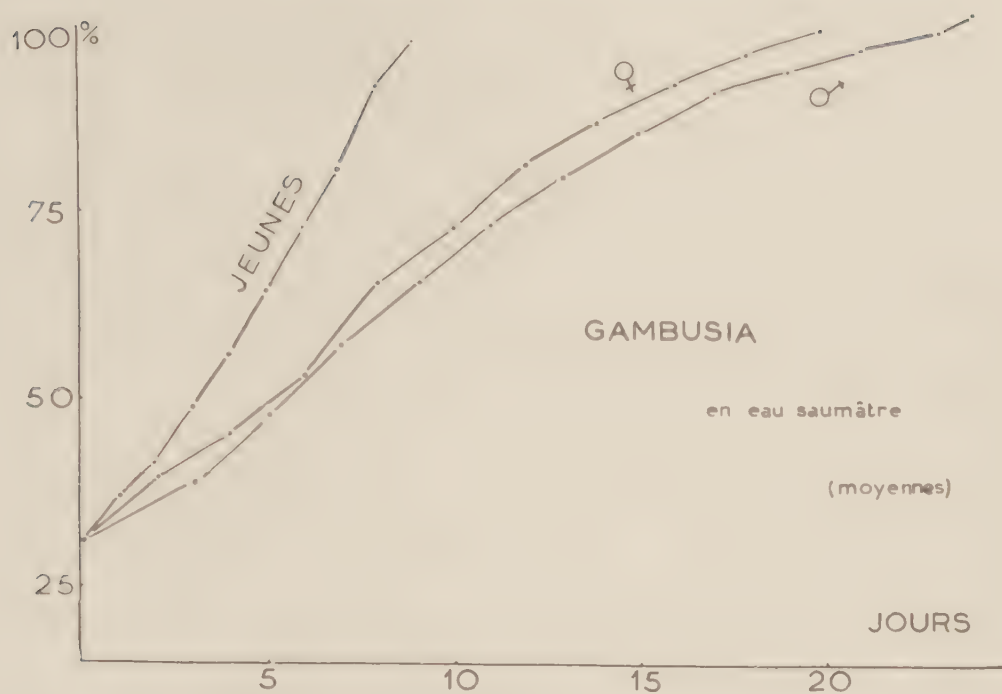


FIG. 3. — *Gambusia* en eau saumâtre : jeunes-mâles-femelles (moyennes).
Vitesse de régénération des nageoires caudales.

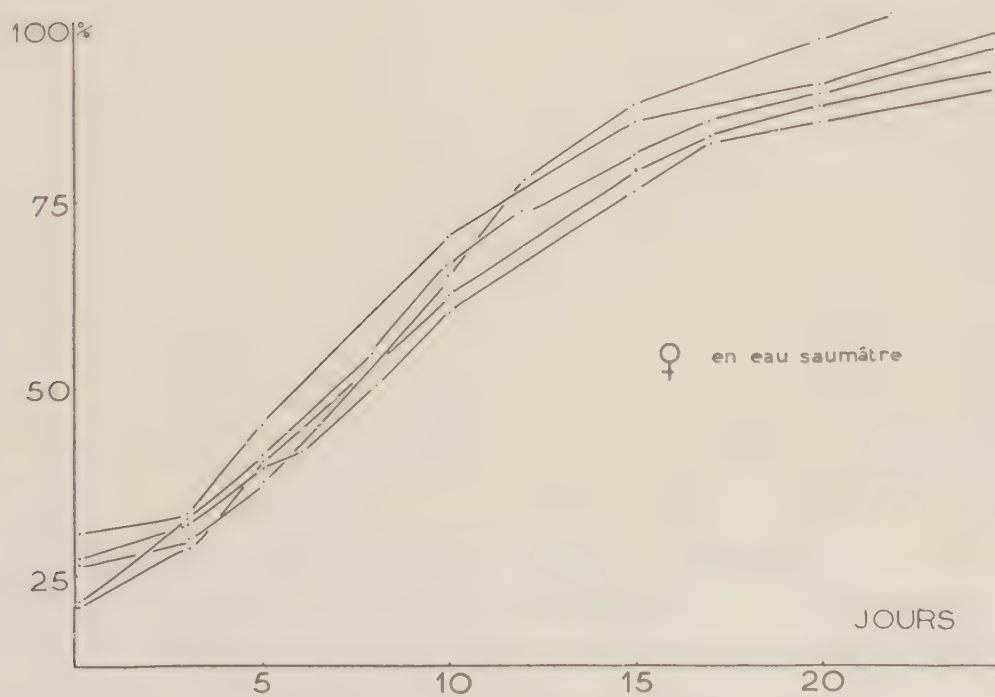


FIG. 4. — *Gambusia* femelles en eau saumâtre. Courbes individuelles.
Vitesse de régénération des nageoires caudales.

tout au moins chez les *Gambusia*, où les mesures nous donnent des variations peu sensibles (fig. 3).

Nous donnons (fig. 4) les courbes individuelles établies pour un lot de femelles adultes qui nous montrent combien sont faibles les variations individuelles.

LA VITESSE DE RÉGÉNÉRATION VARIE POUR UN MÊME INDIVIDU, AVEC LA NAGEOIRE SECTIONNÉE. — Si, chez un même individu, on coupe en même temps différentes nageoires, on peut alors constater que la vitesse avec laquelle s'effectue la réparation n'est pas la même pour les différentes nageoires.

Chez *Ameiurus nebulosus*, nous avons vu que la régénération de la pectorale était

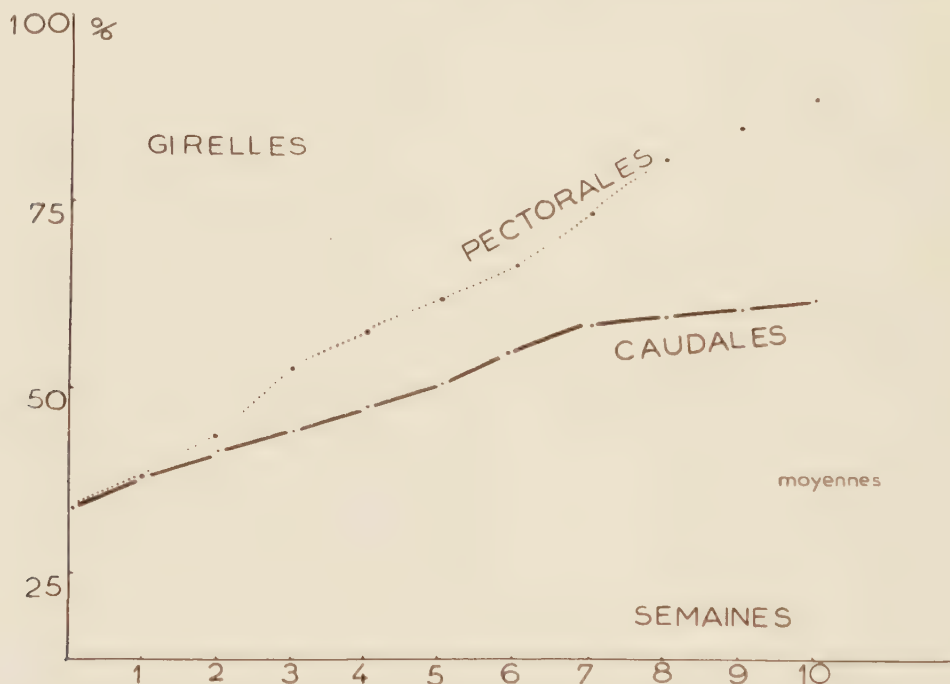


FIG. 5. — *Julis vulgaris* : vitesse de régénération des nageoires caudales et pectorales (moyennes).

beaucoup plus rapide que celle de la caudale, elle-même plus active que celle de la dorsale.

En étant, par ailleurs, dans des conditions optima (que nous définirons ultérieurement), nous avons pu faire des mesures sur *Julis vulgaris* et *Mugil capito*.

La figure 5 donne les moyennes correspondant respectivement aux caudales et aux pectorales pour *Julis*.

Pour *Mugil*, nous avons pu calculer la vitesse de régénération des différentes nageoires. Les moyennes peuvent se traduire par les courbes de la figure 6. La deuxième dorsale (d2), dont les rayons sont beaucoup moins ossifiés, régénère le plus rapidement. Viennent ensuite les pelviennes, également assez peu ossifiées. Caudales, anales et pectorales, très voisines au point de vue morphologie et structure, régénèrent à peu près à la même vitesse. La première dorsale, qui est formée de rayons épineux est, elle, beaucoup plus longue à être totalement réparée.

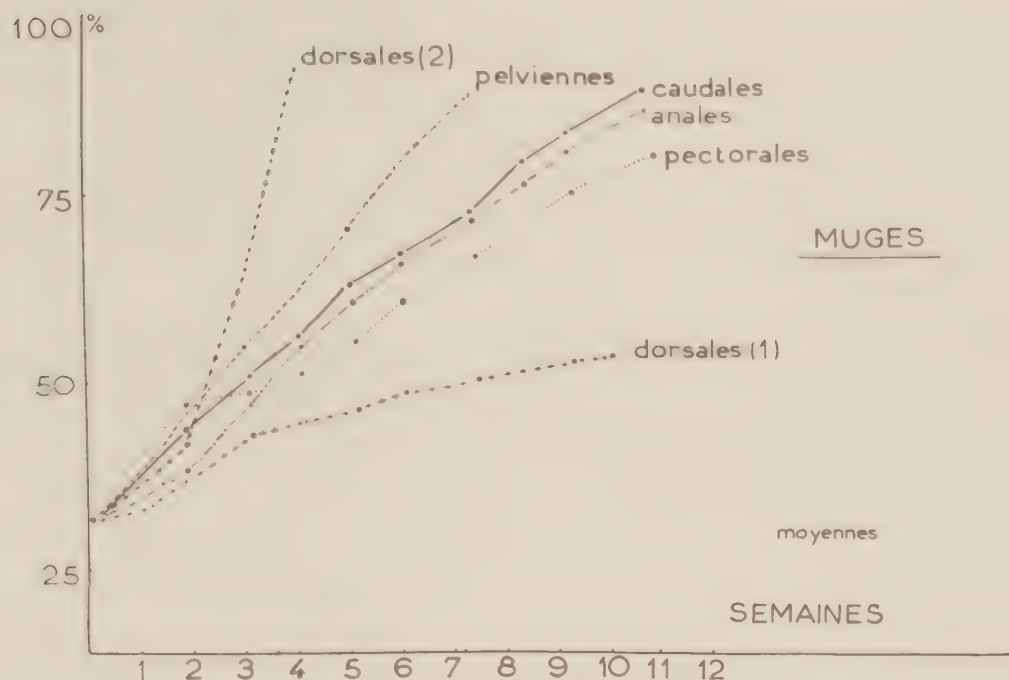


FIG. 6. — *Mugil capito* : vitesse de régénération des différentes nageoires (moyennes).

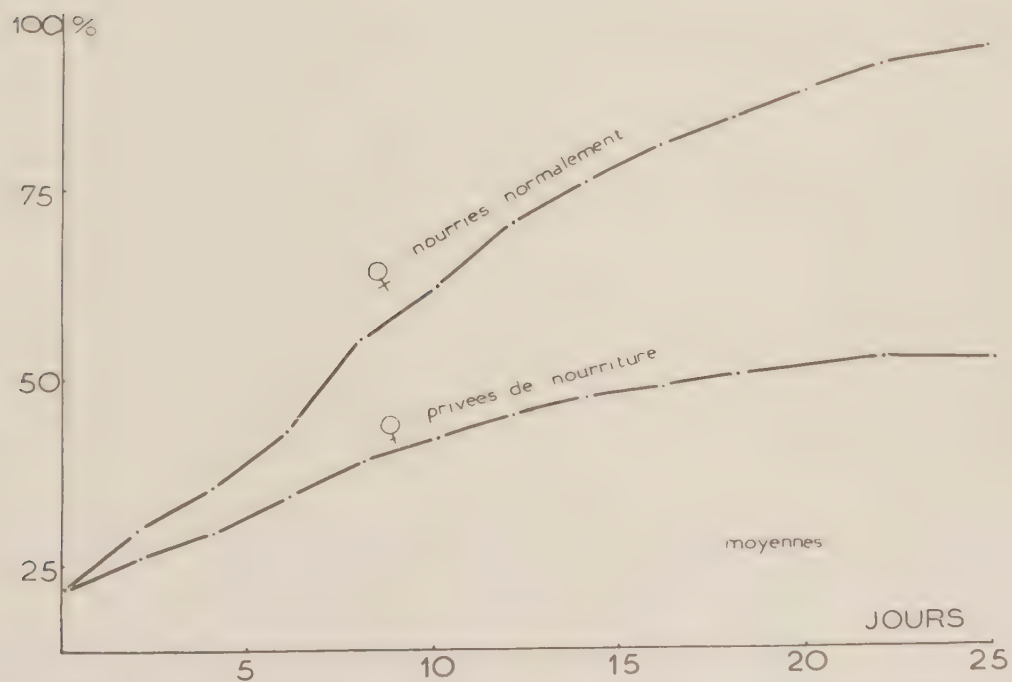


FIG. 7. — *Gambusia* femelles en eau douce, nourries normalement et privées de nourriture. Vitesse de régénération (moyennes).

Il nous faudra donc tenir compte de ces divers facteurs lors de l'expérimentation.

Nous avons toujours réalisé des séries d'expériences sur des individus de même espèce, d'âge voisin (tout au moins de taille identique) et même, lorsque cela était possible, de même sexe. L'amputation était toujours faite sur les mêmes nageoires.

Par ailleurs, puisqu'il s'agit d'expérimentation sur des animaux en élevage, il importait de leur assurer un régime homogène régulier. A la plupart des animaux, nous avons fourni la nourriture vivante qui leur est habituelle. Aux *Gambusia*, nous avons donné de la poudre de Daphnies séchées.

En tout cas, il est indispensable de ne pas priver les animaux en expérience d'une nourriture suffisante. Chez les *Gambusia*, privés complètement de nourriture, la régénération débute d'abord normalement, puis se ralentit pour finir par s'arrêter totalement. Ce qui se traduit clairement dans les courbes suivantes, où est comparée, à la moyenne correspondant à des témoins normalement nourris, celle correspondant à des animaux privés totalement de nourriture (fig. 7).

DEUXIÈME PARTIE. — FACTEURS EXTERNES ET RÉGÉNÉRATION

CHAPITRE PREMIER. — INFLUENCE DES FACTEURS EXTERNES SUR LA RÉGÉNÉRATION NORMALE

Un certain nombre d'observations nous ont montré que les facteurs externes jouaient un rôle indéniable dans le processus de régénération.

Voulant, au cours d'un premier travail sur des Poissons d'eau douce, étudier des régénérats, nous avons été très surpris de constater que la régénération n'avait pas lieu. Les Poissons utilisés — *Ameiurus nebulosus* — étaient-ils inaptes à régénérer ? La cicatrisation s'était faite rapidement : le premier rayon, épineux, s'était arrondi à la suite d'un remaniement osseux. Une plage cicatricielle assez épaisse et peu fragile s'était développée au-dessus des autres rayons. Nous avions pratiqué les amputations au début de l'hiver (fin novembre). Or, au bout de quelques mois, en mars, brusquement la régénération démarra chez tous les animaux en expérience.

L'année suivante, nous avons pu constater que le phénomène n'était pas particulier à *Ameiurus* en observant cette impossibilité de régénération sur tous les Poissons d'eau douce que nous avons mis en expérience au début de l'hiver. Plus tard, nous avons retrouvé ce fait avec les Téléostéens marins étudiés à Banyuls-sur-Mer.

Par ailleurs, nous avons pu observer que la régénération complète des nageoires était obtenue beaucoup plus rapidement en été qu'au début du printemps — en particulier pour certains Téléostéens méditerranéens chez lesquels le processus est extrê-

mement actif en été. Donc, les facteurs qui interviennent l'hiver en inhibant le phénomène, le permettent pleinement, au contraire, en été. Evidemment, les conditions écologiques varient au cours de l'année, essentiellement la température et l'éclairement.

A. LA TEMPÉRATURE. — Avant tout, nous avons pensé au rôle des variations saisonnières de température. On sait l'importance de la température sur les phénomènes de croissance en général et, entre autres, chez les Poissons (ANDRÉ, AUDIGE et BROWN). Or, nos animaux mis en expérience subissent, au cours de l'année, des variations importantes de température de l'eau.

La figure 8 donne les variations de la température de l'eau que nous avons pu noter au cours d'une année d'expérience : à Paris, pour l'eau de Seine (utilisée de préférence à l'eau de ville), et à Banyuls-sur-Mer pour l'eau de mer (dans l'aquarium où les variations se sont révélées correspondre à 1° près aux variations de la température prise à l'extrémité de la jetée).

Au cours d'une année d'observations, nous avons pu préciser dans quelles conditions de température la régénération était possible. La *limite supérieure* est la température maximum supportée par l'animal observé. Cette limite physiologique est plus ou moins élevée selon les espèces étudiées, mais n'est pratiquement jamais atteinte dans les conditions naturelles (32° et plus). Lorsque la température de l'eau descend au-dessous de 18°, la régénération s'arrête et devient impossible. A la fin de l'été, nous avions des animaux en expérience régénérant normalement. La température de l'eau s'abaissant, nous avons vu la vitesse de régénération diminuer. Lorsqu'elle atteignit 18°, la régénération était pratiquement arrêtée quoique la réparation ne fût pas totale. Cette température correspond à une *limite inférieure*.

D'autre part, à la fin de l'hiver, lorsque la température de l'eau s'élève lentement,

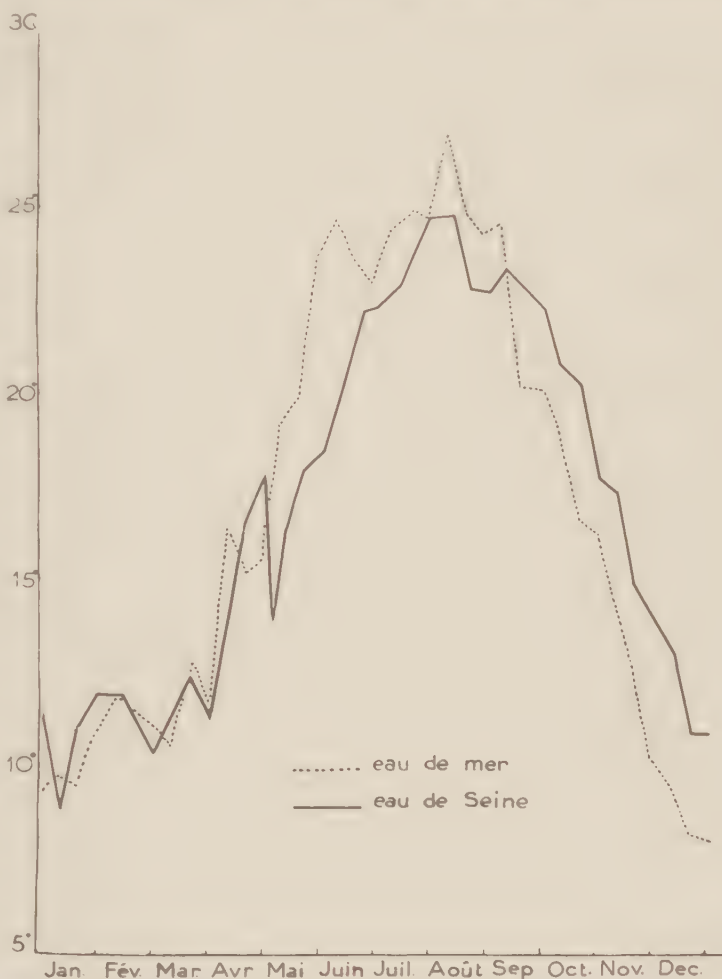


FIG. 8. — Variations, au cours d'une année, de la température de l'eau de mer à Banyuls et de l'eau de Seine à Paris.

la régénération redevient possible à partir d'un certain *seuil*, qui est un peu plus élevé que la température limite. Il semble que les animaux doivent être, pendant un certain temps, au-dessus de ce seuil pour que la régénération se produise. L'existence de ce seuil est clairement traduite dans la courbe correspondant à la figure 9.

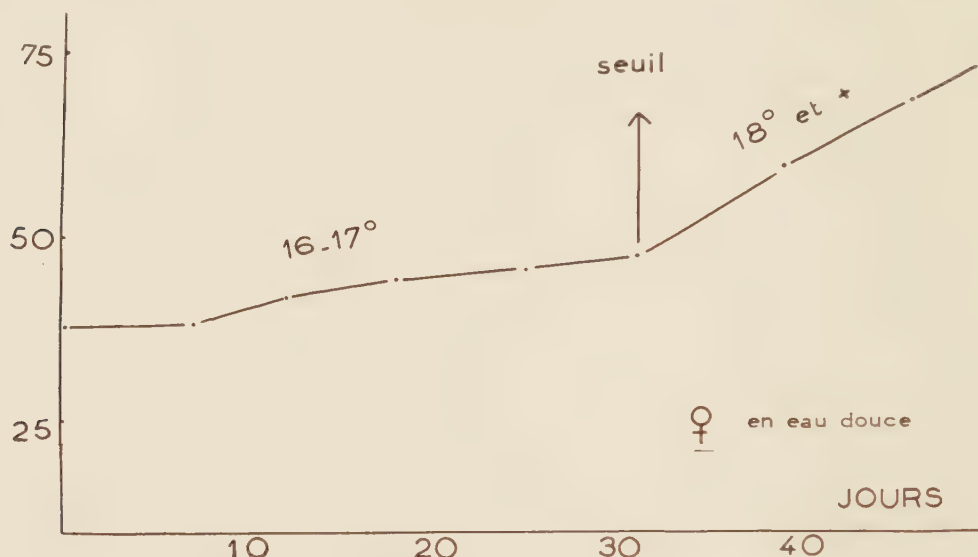


FIG. 9. — Seuil de régénération pour des *Gambusia* femelles en eau douce.

B. L'ÉCLAIREMENT. — Un autre facteur varie aussi d'une manière importante, au cours de l'année : c'est l'éclairement. Il varie par sa durée, qui est minimum au solstice d'hiver et maximum au solstice d'été, et par son intensité : l'intensité de l'éclairement solaire est maximum à l'équinoxe de printemps.

CHAPITRE II. — RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

Nous allons voir comment la température et l'éclairement peuvent agir sur la régénération et expliquer son arrêt pendant l'hiver.

A. — La température.

Dans les conditions naturelles, les variations de température s'accompagnent de modifications de la vitesse de régénération; celle-ci est d'autant plus active que la température est élevée, dans les limites que nous avons précisées plus haut. Nous avons cherché à préciser expérimentalement les rapports existant entre le facteur température et le phénomène de régénération.

1° CHAUFFAGE. — Nous avons pu faire varier expérimentalement la vitesse de régénération en modifiant la température.

Pour les espèces qu'il fallait nécessairement maintenir en eau courante, nous avons élevé la température de l'eau à l'aide de résistances électriques plus ou moins fortes. Pour les Cyprinodontes, qui vivent très bien en eau non courante, il était plus simple de placer les cristallisoirs qui les contenaient dans des étuves réglées aux températures voulues, en prenant cependant les précautions suivantes : l'eau servant au renouvellement journalier doit être à la même température, les Poissons étant très sensibles à de brutales variations de température; l'étuve doit recevoir un éclairage naturel normal

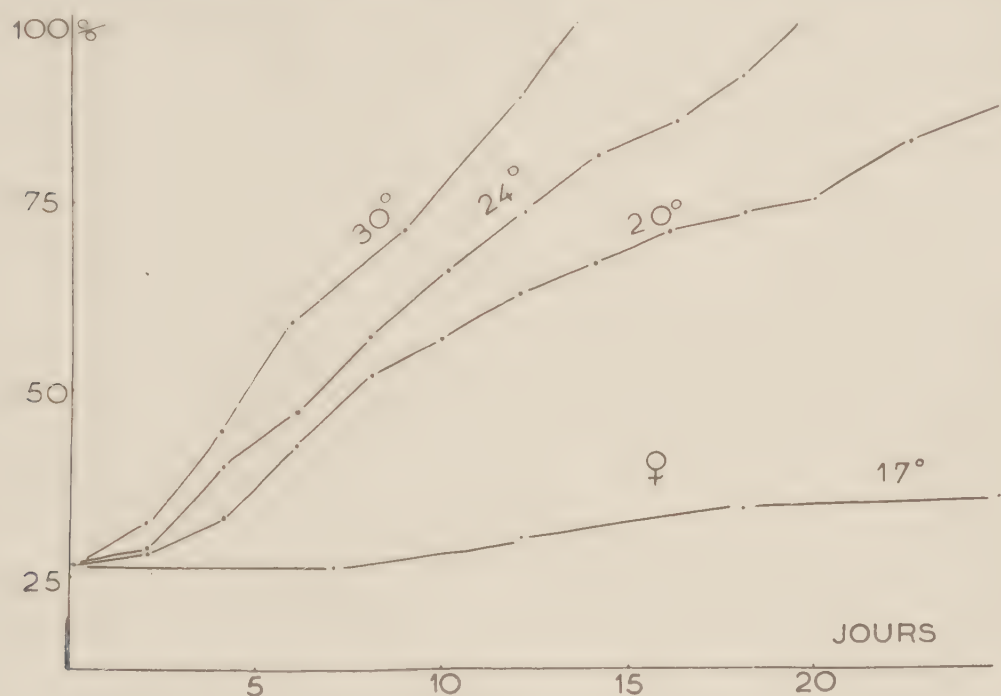


FIG. 10. — Vitesse de régénération à différentes températures. *Gambusia* femelles en eau douce.

(étuves à portes vitrées et bien orientées). Avec ces dispositifs expérimentaux, nous avons pu établir les faits suivants :

a) *En augmentant la température de l'eau on accroît la vitesse de régénération.* — Nos essais confirment bien que plus la température est élevée, dans les limites physiologiques évidemment, plus la vitesse de régénération est grande.

Pour *Ameiurus nebulosus*, la régénération débute environ trois semaines à un mois après l'amputation à 20°. A 25°, elle se manifeste déjà au bout de 12 à 15 jours. A 30°, elle est visible au bout d'une semaine et la réparation totale est beaucoup plus vite achevée.

Pour *Mugil capito* aussi, le phénomène apparaît et évolue d'autant plus vite que la température est plus élevée : ainsi il faut attendre une quinzaine de jours à 18-20°, huit à dix jours seulement à 25°. Nous avons pu maintenir des Muges à la température

de 32° pour obtenir une réparation totale en moins d'un mois, alors que cette réparation exige, dans les conditions normales, au moins trois mois. Ce maintien à une température relativement très haute est exceptionnellement possible pour les Muges et cela peut être mis en rapport avec une aptitude écologique particulière de ces animaux : ils vivent en effet près du rivage, dans des flaques d'eau chauffées par le soleil et dont la température peut être très élevée.

Pour *Gambusia*, nous avons pu établir des tableaux et des moyennes dont les courbes de la figure 10 traduisent les différences :

b) *Pendant la période de repos, il est possible d'obtenir la régénération, et même dans des conditions très favorables.* — Pendant l'hiver, alors que des témoins placés

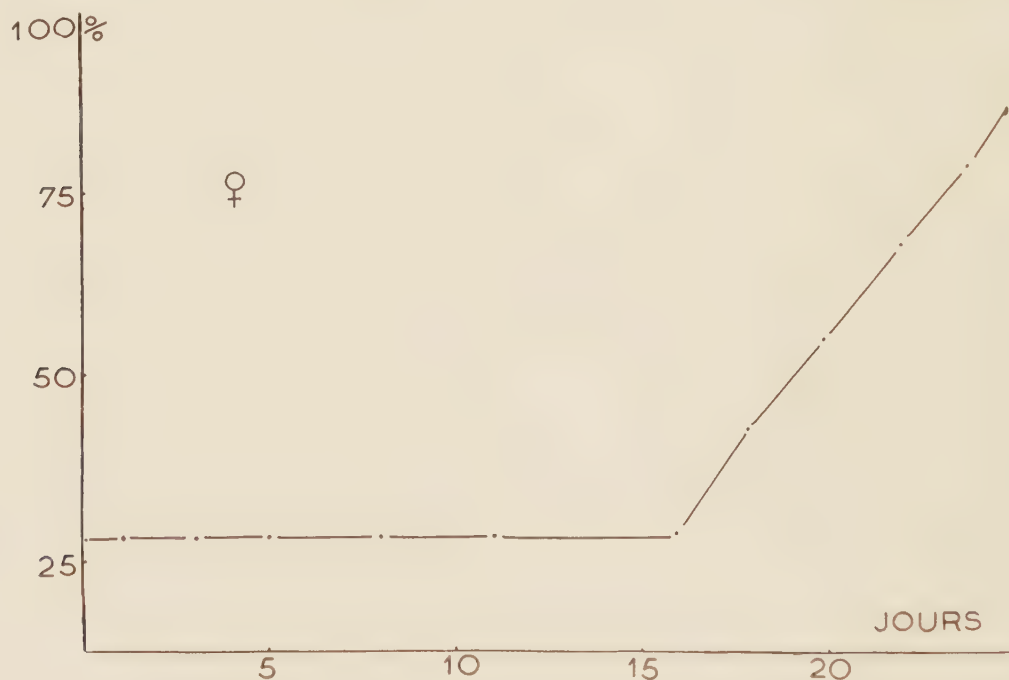


FIG. 11. — *Gambusia* femelles maintenues d'abord à 10°, puis à 30°. Vitesse de régénération (moyennes).

dans des conditions normales ne régénèrent absolument pas, nous avons pu obtenir des régénérations en chauffant l'eau des aquariums. Il nous a même été possible, avec un chauffage suffisant, d'obtenir des régénérations rapides. Ceci pour tous les Téléostéens sur lesquels nous avons expérimenté.

2° RÉFRIGÉRATION. — Il nous a été possible d'arrêter complètement toute régénération pendant la période optimum où la régénération des témoins se fait rapidement. Pour cela, nous avons refroidi l'eau des aquariums en plaçant ceux-ci dans un grand réfrigérateur à portes vitrées. L'eau était remplacée journallement par de l'eau à la même température. La température basse (maintenue environ à 10°) permet à des animaux assez petits, comme les Girelles, de vivre en eau non courante.

Pour *Gambusia*, l'action du froid nous a permis de mieux distinguer le phénomène de cicatrisation de la régénération osseuse proprement dite. La régénération en effet n'a pas lieu, mais la cicatrisation s'effectue normalement. De plus, les animaux ayant séjourné au réfrigérateur et dont la cicatrisation est terminée régénéreront immédiatement et très rapidement s'ils sont replacés dans des conditions de température favorables. Ainsi, les *Gambusies* ayant d'abord séjourné au froid et ayant été placés ensuite dans une étuve à 30°, régénéreront plus vite que si on les avait directement placés dans l'étuve. Les phénomènes préparant et précédant la régénération, en particulier le rétablissement d'une irrigation abondante, impliquant un apport des matériaux nécessaires à l'ossification, sont accomplis : l'ostéogénèse peut se faire immédiatement, lorsque les conditions de température sont favorables (fig. 11).

B. — L'éclairement.

Il fallait séparer l'action possible de ce facteur de celle du facteur température.

1° ECLAIREMENT CONTINU. — *a)* Pendant l'été, nous avons comparé la vitesse de régénération pour des animaux placés dans des conditions d'éclairement normales et pour d'autres, soumis à un éclairage artificiel continu. Les conditions de température ont été les mêmes, l'eau étant restée suffisamment courante pour que la chaleur dégagée par la lampe ne modifiât pas sa température. L'expérience réalisée sur des Girelles et sur des Muges a montré une augmentation de la vitesse de régénération, pas très importante cependant.

b) Pendant l'hiver, par contre, un éclairage continu nous a donné des résultats beaucoup plus nets. Dans ce cas, la régénération se produisait, même assez rapide, alors qu'il n'y en avait point pour les témoins. Là encore, nous avons veillé à ce que la température restât la même. Pour les Poissons-Chats, comme pour les Girelles, la régénération se produit, alors que ces animaux sont dans une eau dont la température ne dépasse pas 15° et est même souvent très inférieure.

Pour *Gambusia*, nous avons pu établir des courbes montrant la réalisation effective de la régénération, alors que les témoins sont au repos (voir plus loin, fig. 13, les courbes établies pour différentes intensités).

c) Des animaux, placés pendant l'été dans un réfrigérateur, mais soumis à un éclairage artificiel continu, ne régénèrent que si la température n'est pas descendue trop bas; lorsqu'elle est aux environs de 10°, la régénération reste impossible.

2° OBSCURITÉ. — Puisque l'éclairage continu permet la régénération, l'obscurité complète est-elle susceptible de l'inhiber ?

Nous avons placé des animaux à l'obscurité complète, à des périodes où les témoins, dans les mêmes conditions de température, mais soumis à un éclairage naturel, régénèrent. Les mesures faites sur *Gambusia* nous ont permis de constater que la régénération, quoique ralentie sensiblement, se produisait cependant (fig. 12).

Pendant l'hiver, des animaux (*Ameiurus*, *Mugil*) placés dans des aquariums chauffés, mais obscurs, régénèrent. La vitesse est simplement un peu diminuée.

Le facteur « éclairage » favorise donc la régénération, la déclenchant lorsqu'elle

ne se produit pas, l'accélération normalement, mais son absence n'entraîne jamais une complète inhibition. Il fallait essayer de préciser comment ce facteur, lui-même complexe, pouvait intervenir dans le phénomène de régénération.

Au cours de l'année, l'éclairement varie normalement par sa durée et par son intensité. Nous allons voir comment ces deux facteurs agissent, s'ils agissent, sur la vitesse de régénération. Pour ces expériences, il nous a fallu réaliser tout un dispositif expérimental, nous permettant de soumettre nos animaux à des intensités lumineuses, à des éclairagements de durées précises. D'autre part, il fallait veiller à ce que cet éclaire-

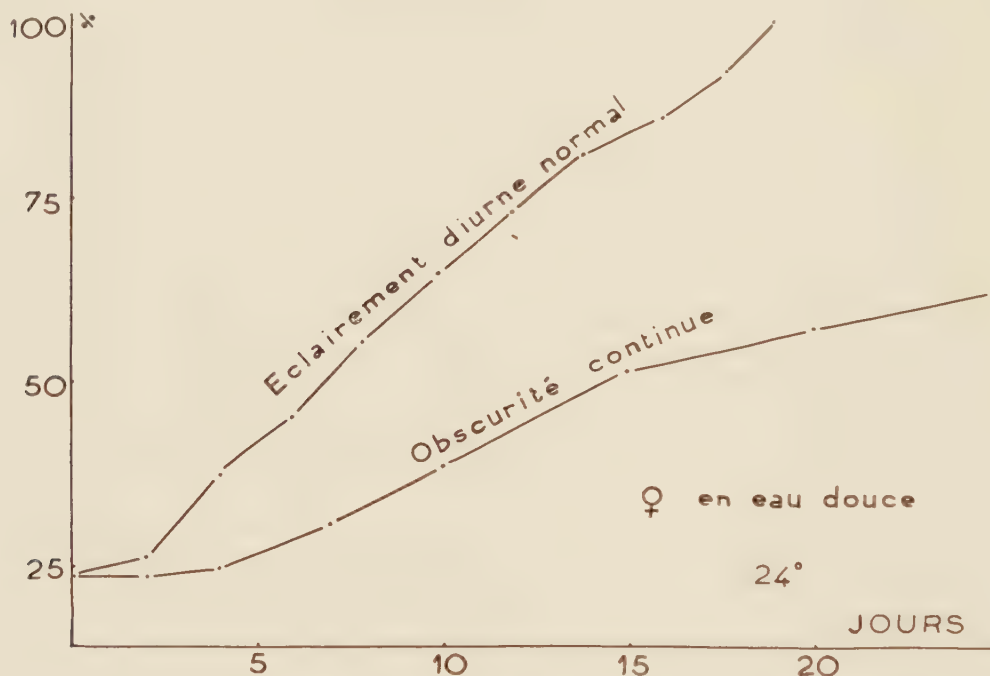


FIG. 12. — Vitesse de régénération de la nageoire caudale de *Gambusia* femelles maintenues à 24° à l'obscurité continue.

ment ne modifiât pas la température, ou tout au moins s'il la modifiait, qu'il le fit d'une manière égale pour les différentes intensités à comparer. Il fallait, en outre, que l'éclairement du jour ne vint pas, à certains moments, s'ajouter à l'éclairement artificiel.

Pour ces expériences, nous avons utilisé des *Gambusia*. Ces animaux étaient placés par groupe de six dans des cristallisoirs contenant un litre d'eau. Ces cristallisoirs (de 25 cm de diamètre) étaient eux-mêmes placés au fond d'une boîte de métal, sur le couvercle de laquelle était vissée la douille où se fixe l'ampoule. Afin d'éviter une élévation de température due à la chaleur produite par les lampes, nous avons interposé entre le cristallisoir et l'ampoule un second cristallisoir plein d'eau, renouvelée tous les jours, qui absorbe la chaleur et placé les cristallisoirs plus ou moins près de l'ampoule (35 à 50 cm) en utilisant des boîtes plus ou moins hautes, de manière à équilibrer les différences d'énergie calorifique émises par les ampoules d'intensités différentes. Les ampoules utilisées étaient de puissance variable : 40, 60, 75 Watts. Evidemment, l'intensité lumineuse à laquelle sont soumis les différents lots d'expérience n'est pas en progression parallèle à la progression de puissance. Malgré tout, les intensités sont de

plus en plus fortes et nous avons pu les apprécier avec un comparateur photoélectrique (Luxmètre Arca) et sa courbe d'étalonnage : pour 40 Watts, nous avons eu 600 Lux vrais ; pour 60 Watts, 1 000 Lux vrais ; pour 75 Watts, 1 500 Lux vrais.

Pour étudier l'influence des variations de durée d'éclairement, nous avons utilisé le même dispositif avec, cette fois, des lampes de même intensité situées à la même distance du cristalliseur :

3° VARIATIONS DE LA VITESSE DE RÉGÉNÉRATION AVEC L'INTENSITÉ D'ÉCLAIREMENT. — Dans une première série d'expériences, nous avons comparé la vitesse de régénération

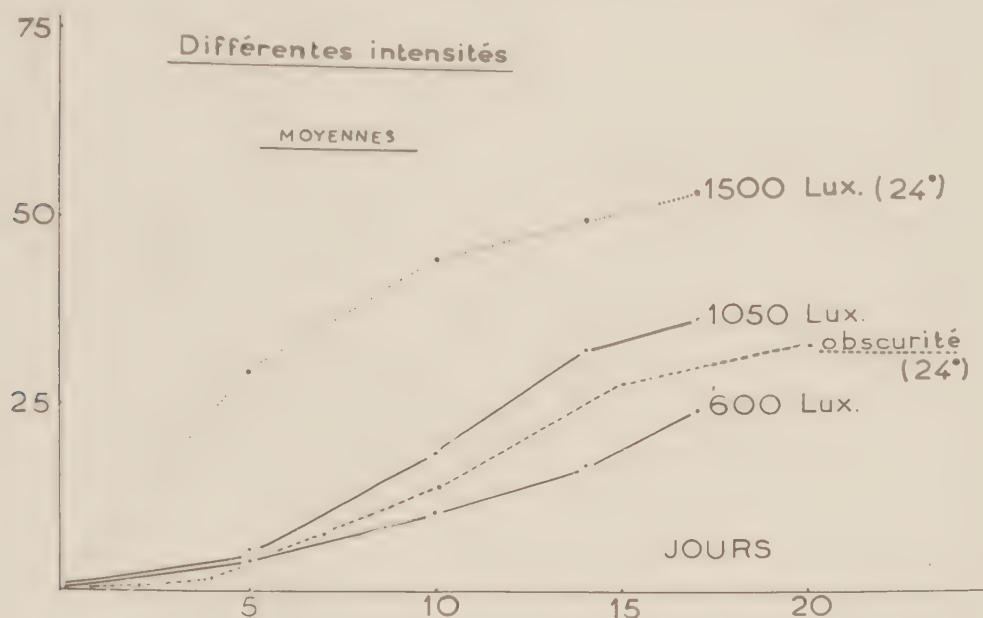


FIG. 13. — Vitesse de régénération de la nageoire caudale de *Gambusia* femelles soumises à différentes intensités lumineuses.

de deux lots d'individus maintenus à la même température, mais soumis à des éclairagements d'intensité différente que nous avons mesurée à l'aide du luxmètre : 1 050 Lux pour le premier et 600 Lux pour le deuxième.

La comparaison des moyennes établies à l'aide de ces mesures et transcrites dans les courbes de la figure 13 nous montre que l'augmentation de l'intensité d'éclairement semble — à température égale (22°) — provoquer une augmentation de la vitesse de régénération.

La troisième courbe représentée sur ce graphique correspond à une intensité encore plus forte. Pourtant, il faut noter qu'ici la température était un peu plus élevée (24-25°). La vitesse de régénération est bien plus grande. Mais l'élévation de température — malgré tout peu importante — ne suffit pas à expliquer cet accroissement de vitesse imputable aussi en partie à l'intensité plus importante de l'éclairement (1 500 Lux). En effet, la courbe témoin, établie à la même température, mais à l'obscurité, indique une vitesse de régénération moins importante.

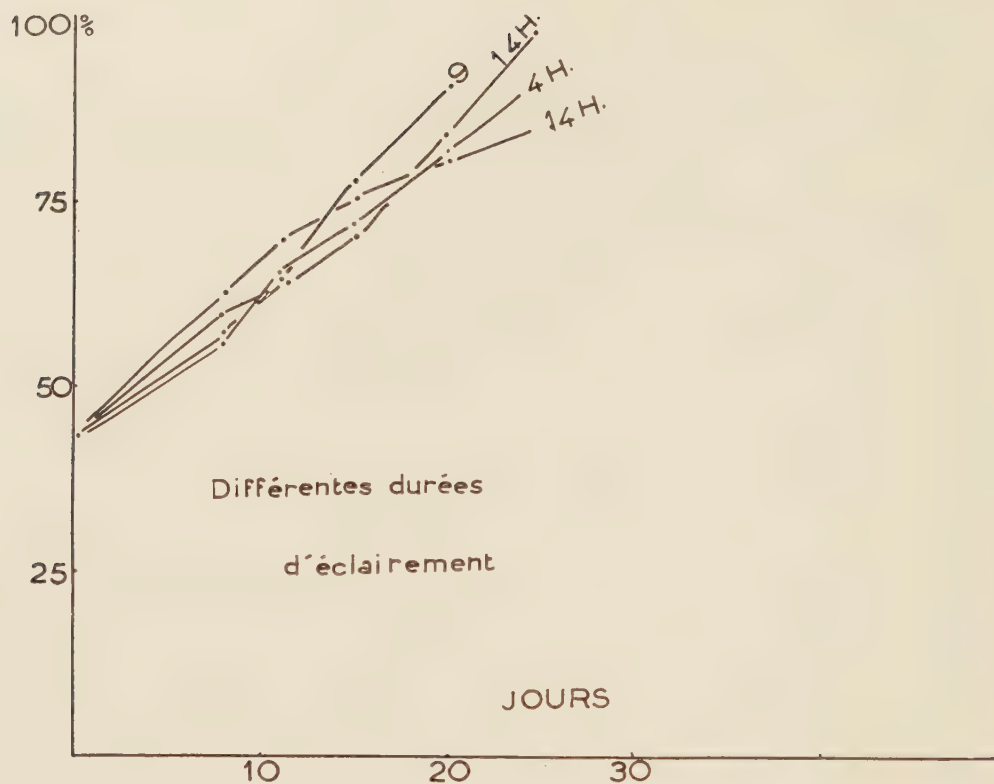


FIG. 14. — Vitesse de régénération de la nageoire caudale de *Gambusia* femelles soumises à des éclairages de durée variable.

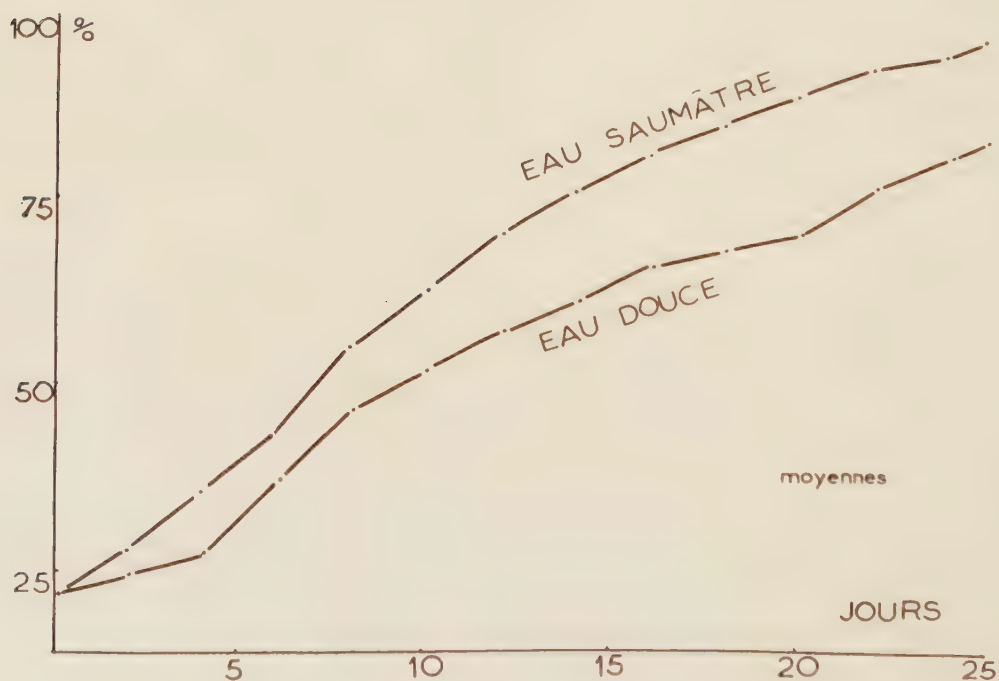


FIG. 15. — Vitesse de régénération de la nageoire caudale de *Gambusia* femelles maintenues dans l'eau douce ou dans l'eau saumâtre.

Nous avons pu faire varier par ailleurs la durée d'un éclaircissement, cette fois d'intensité constante. En utilisant pour les différents lots d'expérience des ampoules de même intensité, nous avons obtenu des résultats dont les moyennes — dans les différents cas (4 heures, 9 heures, 14 heures, 19 heures) — sont très voisines (fig. 14).

C. — La salinité.

D'autres facteurs externes agissent peut-être sur le phénomène de régénération, mais il ne s'agit plus alors de facteurs cycliques, mais de facteurs continus : ainsi la composition chimique de l'eau peut intervenir. Une des variations les plus importantes de cet ordre est certainement la salinité. La régénération est possible, pour les Poissons marins, comme pour les Poissons d'eau douce. Les variations de vitesse semblent tenir à l'espèce et non au milieu dans lequel vivent les animaux étudiés.

Chez *Gambusia*, cependant, vivant normalement aussi bien en eau plus ou moins saumâtre qu'en eau douce, nous avons pu étudier l'importance de ce facteur. Les courbes individuelles correspondant à la vitesse de régénération l'ont été pour des animaux vivant normalement dans de l'eau saumâtre (50 % eau de mer, 50 % eau douce) (fig. 15). Nous avons établi des courbes identiques pour les femelles vivant normalement dans de l'eau douce. Nous avons ensuite établi les moyennes et comparé le tracé qui en résulte avec la courbe correspondant aux moyennes en eau saumâtre. Nous avons pu constater qu'en eau saumâtre la régénération est plus rapide.

TROISIÈME PARTIE — RÉGÉNÉRATION ET FACTEURS INTERNES

CHAPITRE PREMIER. — VARIATIONS NATURELLES DES FACTEURS EXTERNES ET MODIFICATIONS DES FACTEURS INTERNES DE L'ACTIVITÉ PHYSIOLOGIQUE

Les facteurs externes agissent indiscutablement sur la régénération, nous venons de le constater. Il importait de pousser plus loin les investigations, de rechercher le mode d'action de ces facteurs externes au cours de leurs variations naturelles. Nous considérons d'ailleurs comme très possible qu'ils agissent par l'intermédiaire de facteurs internes, directement responsables, eux, des processus de régénération.

L'examen des glandes endocrines des espèces animales sur lesquelles nous avons expérimenté, nous a permis de constater, en premier lieu, leurs variations naturelles d'activité en fonction des facteurs externes.

A. — La glande thyroïde.

La glande thyroïde des Téléostéens a été décrite par MAURER (1886), GUDERNATSCH (1920), FLORIS et PALMAS (1939). Son aspect histologique correspond à l'aspect classique de cette glande chez les autres Vertébrés. Elle est constituée de vésicules, limitées par un épithélium périphérique entourant une cavité assez grande où s'accumule le produit de sécrétion de la glande : la *colloïde*. Les différentes vésicules qui constituent la glande, dont le nombre et la taille sont variables, sont séparées par du tissu conjonctif plus ou moins lâche, à l'intérieur duquel circulent de nombreux vaisseaux sanguins. L'aspect de ces vésicules varie énormément avec l'état d'activité de la glande. Une thyroïde en

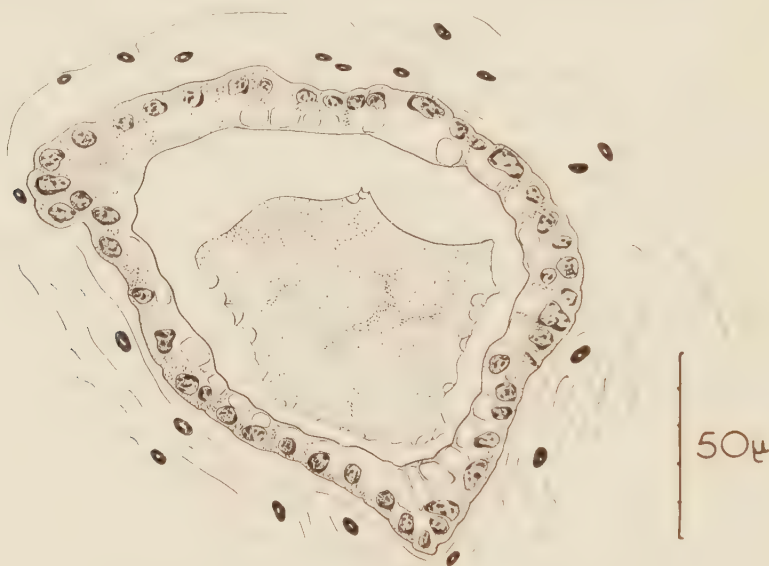


FIG. 16. — *Gobius capito* : Thyroïde active.

état normal de fonctionnement est formée de vésicules dont l'épithélium est élevé. Les cellules, rectangulaires, possèdent un gros noyau. Les produits résultant de la sécrétion sont régulièrement déversés dans le sang. La colloïde est donc peu abondante et ne remplit pas entièrement l'intérieur de la vésicule. Elle n'est d'ailleurs pas homogène. Assez peu colorable, elle se présente sous un aspect plus ou moins granuleux. Ses contours sont irréguliers, détachés le plus souvent de l'épithélium. Enfin, sur les bords, on aperçoit des gouttelettes claires, plus ou moins abondantes, qu'on appelle « vacuoles de résorption ». Ces faits correspondent à ce qu'on nomme classiquement l'aspect histologique d'activité thyroïdienne (fig. 16).

Par ailleurs, on peut aussi observer, normalement, un aspect très différent. La thyroïde est toujours constituée par des vésicules creuses. L'épithélium forme le plus souvent une mince assise de cellules formant un anneau à peine visible, entourant une colloïde abondante, très homogène et prenant régulièrement et abondamment le colorant. Cette colloïde remplit en général entièrement la cavité de la vésicule (fig. 17). Parfois, dans les préparations histologiques, des rétractions dues à la fixation amènent une certaine

hétérogénéité dans l'aspect de la colloïde, mais ce ne sont là que des artéfacts, que l'on peut réduire au maximum en fixant la glande sur un animal vivant qui n'a subi aucune asphyxie. Nous avons montré, chez les Poissons, l'importance de la rapidité de fixation en ce qui concerne l'aspect histologique (1951).

Dans toute cette étude, il faut faire attention à l'extrême variété de l'aspect histologique présenté par les thyroïdes de Poissons. Ces glandes sont formées, chez les Téléostéens, de paquets de vésicules disséminées dans la région supra-cardiaque, au niveau des artères branchiales. Selon les espèces, les points où ces vésicules sont les plus abondantes varient beaucoup et c'est là une difficulté pour établir des comparaisons.



FIG. 17. — *Gobius capito* : Thyroïde au repos.

Les pièces ont été fixées au Bouin alcoolique. Avant les déshydratations, permettant l'inclusion à la paraffine, il nous a fallu décalcifier (le prélèvement se faisant dans la région des arcs branchiaux). La solution à 5 % d'acide nitrique dans l'alcool à 95 % nous a donné d'excellents résultats. La coloration habituelle à l'hémalum de MANN — éosine — donne des figures significatives.

De l'étude histologique, il résulte que l'activité de la glande thyroïde n'est pas un phénomène constant. Ainsi, au cours du développement, on assiste à des variations de cette activité. Des maxima d'activité sont observés à différents stades de la vie sexuelle. Au cours de l'année même, l'activité thyroïdienne subit des modifications. Les faits ont été constatés chez les Amphibiens, dont on connaît les transformations thyroïdiennes accompagnant les métamorphoses. KROGH, en 1908, DOLK et POSTMAN, en 1924, avaient déjà observé le caractère cyclique de l'activité thyroïdienne. MEISENHEIMER, en 1936, a trouvé, chez la Grenouille en croissance, une augmentation de l'activité thyroïdienne en mars-avril. EGGERT, en 1936, a montré que, chez les Lézards, la thyroïde est complètement inactive pendant l'hiver. TUCHMANN DUPLESSIS a aussi constaté des variations saisonnières sur la thyroïde du Triton alpestre. D'autres observations du même genre

ont été faites sur les Oiseaux : ELTRICH sur le Pigeon (1937), BURGER sur le Moineau (1938), GAL sur différentes espèces (1940). Chez les Mammifères, l'activité de la thyroïde est aussi cyclique, mais les facteurs semblent ici différents.

Chez les Poissons, enfin, de nombreuses observations ont été faites. Il faut citer les travaux de BUCHMANN (1940) sur le cycle du Hareng, les travaux de FONTAINE et de ses collaborateurs sur les Saumons (1948). Ils montrèrent l'existence d'un cycle annuel en rapport avec les métamorphoses et les migrations. MURR, SKLOVER et HAGEN ont étudié le cycle de l'Anguille.

Nous avons nous-mêmes étudié les variations d'activité thyroïdienne des espèces sur lesquelles nous avons travaillé en utilisant les tests histologiques.

Ainsi, chez *Ameiurus nebulosus*, la glande thyroïde présente, pendant la saison froide, les caractères que l'on a coutume d'interpréter comme des signes d'inactivité : présence de vésicules de grande taille, bordées de cellules très aplaties (le noyau occupe en général toute l'épaisseur) et, à l'intérieur de ces vésicules, de la colloïde en abondance et très chromophile. Dès le printemps, la glande change d'aspect et acquiert des caractères qui témoignent de son retour à l'activité; elle est alors constituée par des vésicules de petite taille, renfermant très peu de colloïde et bordées de cellules assez grosses; de plus, à la périphérie de la colloïde, on peut alors voir de nombreuses vacuoles de résorption. Ceci se produit à peu près au moment où la température de l'eau dépasse 17-18°. Nous avons pu constater des faits analogues chez certains Poissons marins.

Or, ce retour à l'activité de la glande thyroïde se produit précisément pour une température de l'eau qui rend de nouveau possible la régénération. Les trois faits se superposent si étroitement qu'il semble possible d'établir un rapport entre l'activité thyroïdienne et la température, et de dire que l'activité thyroïdienne témoigne d'un état général de l'organisme permettant la régénération.

Nous avons pu constater ce fait pour un grand nombre de Téléostéens marins ; lorsque la température permettait la régénération, la thyroïde témoignait d'une certaine activité. Là, il est plus difficile d'établir un seuil réel de température correspondant à un déclenchement d'activité thyroïdienne. D'abord les Poissons en expérience sont, malgré tout, dans des conditions écologiques assez différentes des conditions écologiques habituelles. Souvent, d'autre part, on trouve des stades intermédiaires : des thyroïdes présentant des vésicules actives à côté de vésicules inactives. La transition n'est pas brutale et, pendant une certaine période, il est difficile de dire si la thyroïde est active ou non. Cependant, si l'on considère les figures histologiques nettes et précises, on peut dire que les animaux ayant une thyroïde active peuvent régénérer et, inversement, que ceux ayant une thyroïde inactive en sont incapables.

B. — Les gonades.

Les gonades subissent, elles aussi, chez les Poissons, des variations saisonnières. Chez *Ameiurus nebulosus*, au printemps, les gonades augmentent de volume : pour les ovaires, les ovocytes apparaissent plus volumineux ; pour les testicules, les tubes séminifères s'emplissent de spermatozoïdes. Chez les Poissons marins on a aussi, au printemps ou au début de l'été, une période d'activité sexuelle. Ainsi, les périodes d'activité sexuelle sont des périodes où la régénération, non seulement est possible, mais se révèle très active.

CHAPITRE II. — VARIATIONS EXPÉRIMENTALES
DES FACTEURS EXTERNES ET MODIFICATIONS
DES FACTEURS INTERNES DE L'ACTIVITÉ PHYSIOLOGIQUE

Dans les conditions naturelles, il existe un parallélisme certain entre l'activité des glandes endocrines telles que la glande thyroïde et les gonades et la possibilité de régénération osseuse. Pour compléter et préciser ces observations, nous avons réalisé quelques

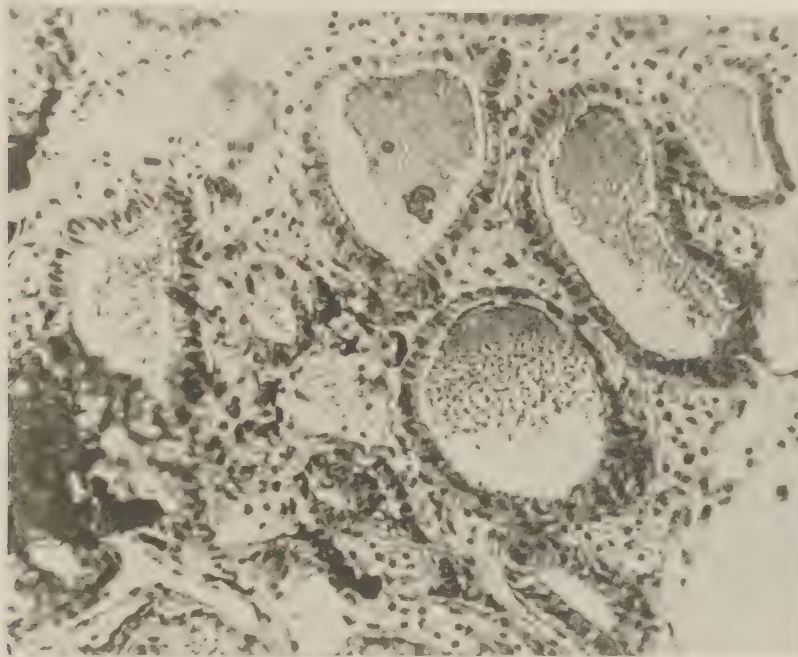


FIG. 18. — *Julis vulgaris* : Thyroïde d'animal chauffé ($\times 350$).

expériences qui s'imposaient, nous permettant de voir si les variations expérimentales des facteurs externes, agissant sur la régénération, avaient un contre-coup sur les facteurs internes de l'activité physiologique de l'animal :

A. CHAUFFAGE. — Nous avons vu que, pendant l'hiver, des animaux, placés dans des aquariums chauffés, régénéraient leur nageoire amputée. Nous avons pratiqué l'autopsie de ces animaux et l'examen histologique de leur thyroïde.

Chez les animaux soumis à des températures supérieures à 18° (pour *Ameiurus*), la thyroïde présente des signes certains d'activité (fig. 18). A ce moment, les témoins restant à une température inférieure ne régénèrent pas et ont une thyroïde inactive.

B. RÉFRIGÉRATION. — Des animaux ont été soumis au froid pendant l'été. A ce moment, la régénération des témoins s'opère normalement et très rapidement : leur thyroïde est active.

Les animaux, soumis à un froid prolongé, ne régénèrent pas. L'examen de leur thyroïde (fig. 19) révèle que son activité a été perturbée par ce séjour dans l'eau froide (10°). En effet, à côté de vésicules petites, à épithélium élevé, dont la colloïde est peu abondante, très rétractée et contient des vacuoles de résorption, correspondant à la thyroïde active, on trouve des grandes vacuoles à épithélium déjà moins épais et où la colloïde s'est accumulée, l'activité de la glande étant en régression.

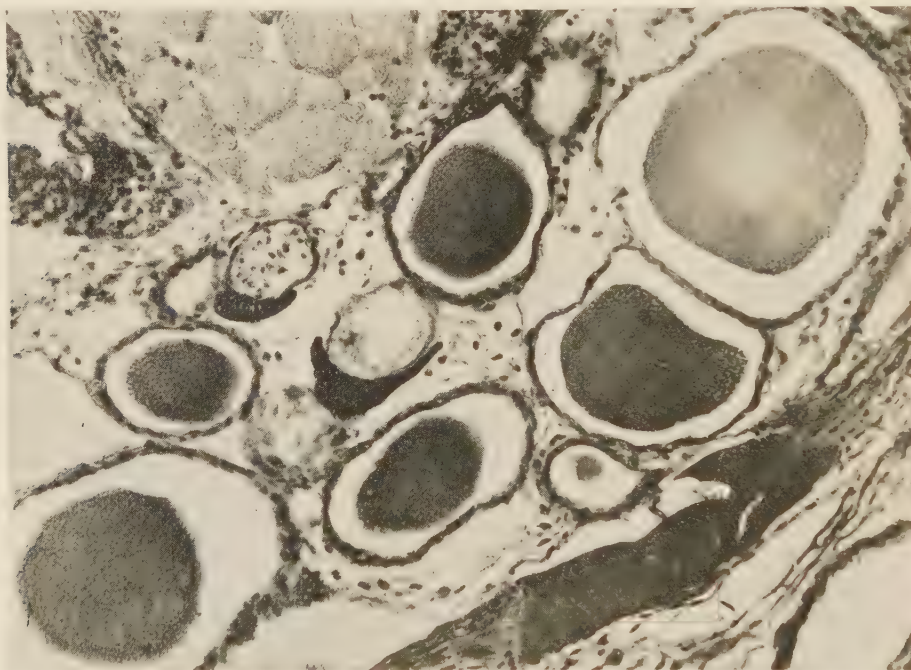


FIG. 19. — *Gambusia H.* : Thyroïde d'animal soumis au froid ($\times 350$).

Ainsi, de même qu'expérimentalement, on peut déclencher l'activité par chauffage; de même, on peut la ralentir par refroidissement. Pourtant, il faut noter qu'il semble plus facile d'activer la thyroïde plutôt que d'arrêter cette activité, alors que tout l'organisme s'est déjà trouvé dans des conditions favorables.

C. L'ÉCLAIREMENT. — Nous avons vu que nous pouvions déclencher la régénération, pendant l'hiver, chez des animaux soumis à un éclaircissement continu ou de durée assez importante, alors que c'était impossible chez les témoins soumis à un éclaircissement normal. Nous avons vu, par ailleurs, que le fait d'être à l'obscurité pendant l'été n'interdisait pas la régénération, quoiqu'elle soit ralentie. Il reste à voir ce que ces facteurs externes peuvent provoquer comme modifications des glandes endocrines.

Signalons tout de suite que sous l'action de la lumière, en hiver, la thyroïde ne présente pas l'activation que nous avons décrite après chauffage : elle est comparable à

la thyroïde des témoins. D'autre part, la thyroïde des animaux maintenus à l'obscurité pendant la saison chaude est toujours active. Il ne semble pas qu'il y ait un rapport entre le rôle du facteur externe éclairément et la thyroïde.

Par contre, le facteur éclairément semble intervenir sur les gonades. Chez *Ameiurus nebulosus* le simple examen morphologique des glandes génitales montre un développement très grand des testicules et des ovaires sous l'action de la lumière. C'est ainsi, par exemple, que les testicules d'un témoin mâle de 75 g pèsent 79 mg, tandis que ceux d'un mâle pesant 65 g pèsent 137 mg lorsqu'il a subi l'action de la lumière. De même, alors que les ovaires d'un témoin femelle de 101 g pèsent 1 033 mg, les ovaires d'une femelle de 112 g pèsent 1 966 mg lorsqu'elle est soumise à l'action de la lumière.

L'examen histologique confirme ces faits. Tandis que les ovaires des témoins femelles renferment beaucoup d'oocytes jeunes petits et sans enclaves, les ovaires des animaux éclairés présentent presque uniquement des oocytes âgés volumineux, chargés de vitellus et étroitement serrés les uns contre les autres. Chez les mâles, l'action de la lumière est moins nette : la lumière semble agir surtout sur le tissu interstitiel qui, très réduit dans les testicules d'animaux témoins, est représenté par des cellules volumineuses et plus nombreuses dans les testicules des animaux éclairés; par contre, la spermatogénèse ne semble pas influencée et les tubes séminifères des animaux éclairés restent pleins et dépourvus de spermatozoïdes.

Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus chez les Oiseaux par BENOIT et ses collaborateurs, qui, en soumettant des Canes impubères à un éclairément artificiel, ont obtenu le développement des ovaires ainsi que des modifications osseuses et une augmentation de la calcémie.

Nous avons répété l'expérience chez d'autres Téléostéens (Girelles, Muges, Gambusies).

D. LA SALINITÉ. Nous avons vu que la régénération était un peu plus active en eau saumâtre qu'en eau douce. Cela, évidemment, pour des animaux comme *Gambusia* qui supporte des variations de salinité sans dommage.

Nous avons fait l'examen histologique d'animaux de même taille ayant régénéré dans l'eau douce et dans l'eau plus ou moins saumâtre, toutes les autres conditions écologiques restant les mêmes. En ce qui concerne les gonades, nous ne pouvons apprécier aucune différence, le développement sexuel s'effectuant normalement dans tous les cas.

En ce qui concerne la thyroïde, lorsque les animaux sont depuis leur naissance dans les mêmes conditions de salinité, on n'observe pas de différence sensible dans l'activité de cette glande. Mais nous avons pu observer que des animaux provenant de l'eau saumâtre, qui ont une thyroïde assez peu active, témoignent brusquement, au passage dans l'eau douce, d'une activité plus importante. Ceci est en accord avec les faits constatés par M. OLIVEREAU (1948), qui signale une activation thyroïdienne lors du passage de Poissons marins (*Muraena*, *Labrus*) dans de l'eau de mer mélangée d'eau douce.

E. NUTRITION. — Les animaux soumis à un jeûne prolongé régénèrent, nous l'avons signalé, de plus en plus lentement. Bien avant que l'animal ne meure d'inanition, la régénération, qui a commencé normalement, s'arrête presque complètement. Au cours de cette expérience, nous avons sacrifié des animaux et fait une étude histologique de leur thyroïde.

Au départ, les témoins avaient une thyroïde en état d'activité normale. Au bout de deux semaines environ, au moment où les réserves sont épuisées et où la vitesse de régénération se ralentit, on observe une sorte de suractivation de la thyroïde. L'épithélium n'est guère plus élevé, mais les vacuoles de résorption sont très abondantes et la colloïde très rétractée. Au bout de quelques jours cet aspect a disparu et à la fin de l'expérience, au contraire, la thyroïde se révèle inactive, avec de grandes vésicules entourées d'un épithélium fin, rempli d'une abondante colloïde ayant fortement fixé l'éosine.

CHAPITRE III. — MODIFICATIONS EXPÉRIMENTALES DES FACTEURS INTERNES

Ainsi, il existe un parallélisme de fait entre les variations des facteurs externes, les modifications de certains facteurs internes et le phénomène de régénération. Pour compléter les expériences, il fallait essayer d'agir directement sur les facteurs internes et de voir, les facteurs externes ne variant pas, si, dans ces conditions, il était possible d'agir sur le phénomène de régénération.

A. LA THYROÏDE. — Le fonctionnement de la glande thyroïde est bien connu chez les Vertébrés supérieurs. Les travaux effectués sur les Poissons ont révélé l'existence d'une hormone thyroïdienne, plus ou moins spécifique, et dont les effets sont semblables à ceux de la thyroxine pour les Amphibiens et les Mammifères. On a tout lieu de penser que ce sont les mêmes processus qui permettent la formation et la sécrétion de cette hormone. La vitesse avec laquelle les cellules thyroïdiennes réalisent la synthèse des composés iodés est fonction de la taille et du nombre de cellules, ce qui explique les modifications des images histologiques accompagnant les variations d'activité de la glande. La capacité de fixation de l'iode dépend en effet de l'état cytologique de ces cellules (MARINE et ROGOFF, 1916).

D'autre part, la fixation de l'iode est sous la dépendance d'une hormone hypophysaire, l'hormone thyroïdienne, qui agit justement en augmentant la taille et le nombre des cellules thyroïdiennes. La sécrétion de cette hormone par le lobe antérieur de l'hypophyse est contrôlée par la quantité de thyroxine contenue dans le sang. RUMPH et SMITH ont, les premiers, envisagé l'idée de cette interaction hypophyse-thyroïde chez les Mammifères. ARON l'a démontré chez le fœtus.

Les recherches sur la physiologie des Poissons permettent de croire que ceci est également vrai pour ces animaux. Quoiqu'on ne l'ait pas isolée, l'existence d'une hormone thyroïdienne chez les Téléostéens semble amplement mise en évidence : PICKFORD et THOMPSON, EVANS et SIMPSON ont montré ainsi sur *Fundulus heteroclitus* une stimulation nette de la glande thyroïde après un traitement d'hormone hypophysaire de Mammifères. JAMPOLSKY a préparé des extraits hypophysaires de Saumon, dont l'action semble spécifique.

Chez les Vertébrés supérieurs, l'étude des rapports hypophyso-thyroïdiens a été poursuivie en réalisant, d'une part, des hypophysectomies, d'autre part, des thyroïdec-

tomies. Les travaux de DESMOND (1924), MAGDALENA (1933), CALVET (1932) ont montré que l'hypophysectomie provoque une diminution du métabolisme de base. De ce fait, le métabolisme de l'iode se trouve ralenti (d'après LEBLOND, SUE et SMITH). Et l'hormone thyroïdienne n'étant plus par ailleurs déversée dans le sang, on assiste à une involution des cellules thyroïdiennes : la thyroïde, après une hyperactivité immédiate, présente tous les signes de repos. L'iode est fixé en moins grande quantité, mais les synthèses étant réduites, l'iode excrété est moins important (ANDERSON et EVANS). Ainsi, on constate une augmentation de la teneur en iode de la glande (COLLIPS), alors que l'iode sanguine diminue (HOUSSAY et BRASSOTI). Des injections d'extraits hypophysaires, après hypophysectomie, redonnent une passagère activité de la thyroïde (travaux de CLOSS, LOEB, MAC KAY), qui se traduit par une diminution de l'iode glandulaire et une augmentation de la sécrétion.

On a montré, par ailleurs, qu'une thyroïdectomie a ses répercussions dans le fonctionnement hypophysaire (ADAMS et RICHARDS) et que l'hypophyse antérieure présente alors un aspect histologique particulier : on y trouve alors des cellules dites de « thyroïdectomies ». Le poids de la glande a augmenté, on y trouve une dégranulation, une vacuolation et une diminution du nombre d'acidophiles qu'accompagne une augmentation du nombre de basophiles.

Chez les Poissons Téléostéens, la thyroïdectomie ne peut être envisagée, puisque, chez eux, la glande thyroïde est diffuse. Mais on connaît aujourd'hui un grand nombre de substances, dont certaines sont utilisées en thérapeutique, que l'on range sous le nom d'« antithyroïdiens », qui agissent directement ou par l'intermédiaire de l'hypophyse et déterminent l'arrêt de la production de thyroxine.

A quel niveau des rapports hypophyso-thyroïdiens agissent ces substances antithyroïdiennes ? Il a été montré que l'action porte sur la synthèse des composés iodés qu'elle interrompt (GORDON et GOLDSMITH; HARRINGTON, 1945). Le point d'attaque serait l'épithélium thyroïdien (GASHE). De ce fait, la quantité de thyroxine dans le sang diminue rapidement (GORDON et GOLDSMITH), ce qui détermine une activation de la sécrétion hypophysaire. Mais cette hormone thyroïdienne, qui déclenchera une apparente stimulation de la thyroïde (aspect histologique d'activité), sera utilisée en abondance par la glande qui ne pourra cependant utiliser ses synthèses.

Un apport de thyroxine neutralise l'action des antithyroïdiens (DEMPSEY-ASTWOOD, 1943). D'autre part, l'injection des antithyroïdiens entraîne des modifications structurales du lobe antérieur comparables à celles provoquées par la thyroïdectomie (GRIESBACH, 1941; KENNEDY, 1942; MACKENZIE, SHARPLESS, HOPSON, DAWSON, JOLIOT, HUGUES, ASTWOOD, 1945). MACKENZIE a montré que, chez les animaux hypophysectomisés, la réaction thyroïdienne ne se produit pas. Ces antithyroïdiens appartiennent à différentes familles chimiques. E. B. ASTWOOD essaie plus de cent substances et compare leurs effets. Pourtant, les plus actifs possèdent un groupement thiourée : NH-C-S-NH (phényl-thiourée, aminothiazol, thiouracile).

Ces antithyroïdiens, qui arrêtent la synthèse des composés iodés, réduisant de ce fait la production de thyroxine, agissent évidemment sur les principales propriétés de cette hormone. En ce qui nous concerne, notons l'action des antithyroïdiens sur la croissance qui est inhibée, comme après une thyroïdectomie; l'action est d'ailleurs discontinuée et, après le traitement, la reprise de croissance normale est rapide (GORDON-GOLDSMITH et

CHARIPPER). Les effets inhibiteurs de ces substances sont complètement détruits par la thyroxine. La phényl-thiourée, d'après BOVET, BABLET et FOURNEL, semble plus active, tout au moins en ce qui concerne la métamorphose, que l'aminothiazol et le thiouracile.

GOLDSMITH, NIGLER et GORDON ont, eux, expérimenté l'action de la thiourée sur le développement des Poissons. Ils observent, après un traitement prolongé dans des bains à 0,033 %, des arrêts de croissance au bout de deux mois. Les Poissons, bien nourris, ne présentent, par ailleurs, aucune déficience. LEVER, MITTENBURG et VAN ORDT montrent eux

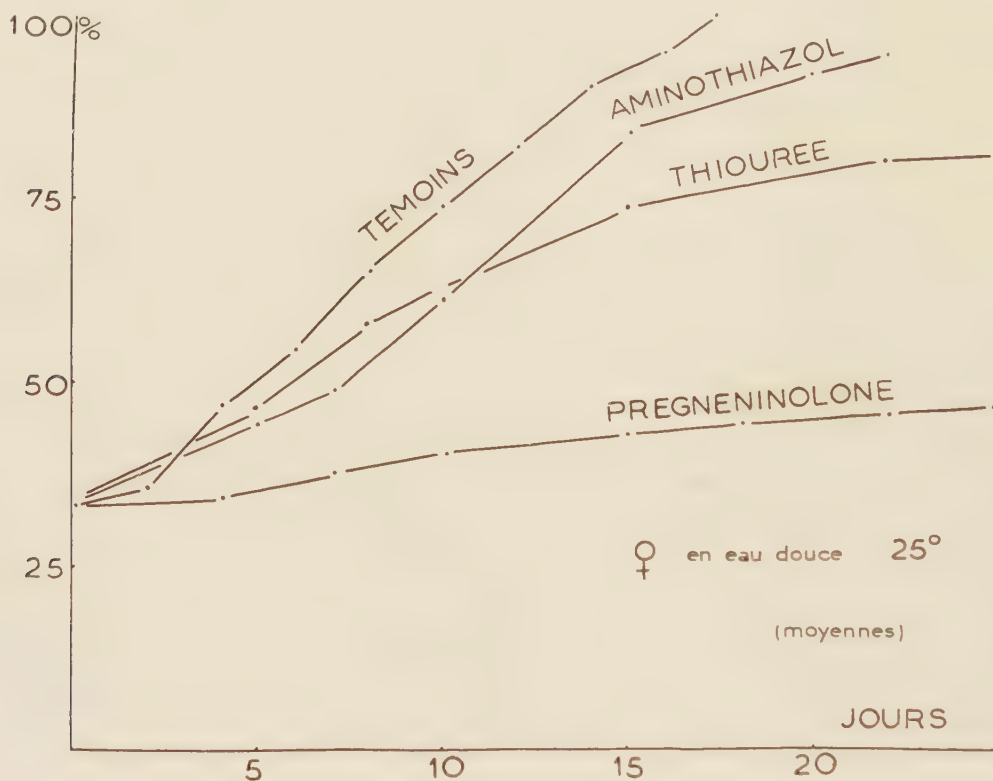


FIG. 20. — *Gambusia* femelles traitées par différents antithyroïdiens (eau douce — 24°). Vitesse de régénération.

aussi les effets de la thiourée sur la thyroïde des Poissons. LELOUP a aussi utilisé ces différents antithyroïdiens et vu leur action sur le métabolisme iodé concernant les synthèses thyroïdiennes.

1° *Action des antithyroïdiens.* — Nous avons cherché si les antithyroïdiens exerçaient une action sur la régénération. Nous avons utilisé des solutions d'aminothiazol et de thiourée.

Pour *Ameiurus nebulosus*, *Julis vulgaris*, *Serranus cabrilla* et *Gobius capito*, nous avons opéré en injectant la substance à une période où la régénération se produisait normalement chez les témoins. Les résultats ne semblèrent pas très nets, ni particulièrement probants : ou bien la concentration était trop forte, ce qui amenait la mort de

l'animal, ou bien l'animal vivait, mais régénérait. Cette régénération semblait cependant ralentie.

Par contre, nous avons eu des résultats significatifs, en opérant sur *Gambusia* par administration continue, la substance étant en solution dans l'eau où vivent les animaux. Ces animaux sont plongés dans des bains contenant en solution de la thiourée (0,20 g par litre) ou de l'aminothiazol (0,50 g par litre). L'eau est renouvelée tous les deux jours. Nous avons mesuré la vitesse de régénération et avons pu constater qu'elle était alors moins grande que pour les témoins (figure 20).

Une fois l'expérience terminée, il nous a été possible d'observer, en étudiant les

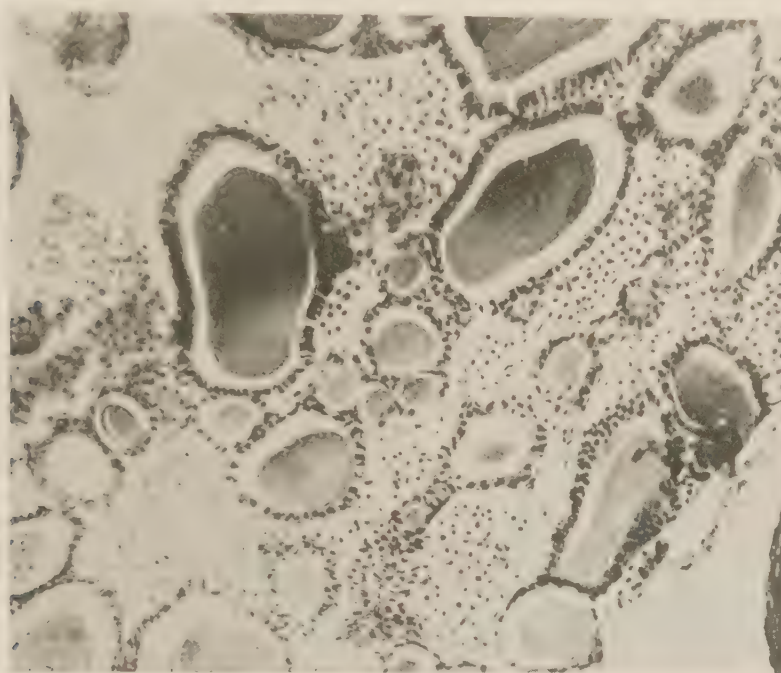


FIG. 21. — *Gobius capito* : thyroïde d'animal, ayant été traité par des antithyroïdiens ($\times 350$).

coupes de glande thyroïde, qu'elle présentait un aspect trompeur d'activité. Ces faits, signalés plus haut, sont lisibles dans nos coupes (figure 21).

Pour bloquer l'activité thyroïdienne nous avons été amené, par ailleurs, à étudier l'action d'une autre substance qui s'est révélée agir comme antithyroïdien, quoique très différente des substances ainsi dénommées. C'est GALLIEN qui, en étudiant l'action de la prégéninolone sur l'organogénèse sexuelle de *Discoglossus pictus* Oth., a été amené à observer que cette hormone exerce en outre une action inhibitrice sur la thyroïde des têtards. C'est d'ailleurs une anomalie de croissance qui lui a fait soupçonner cette déficience thyroïdienne. Nous avons essayé d'utiliser la prégéninolone comme antithyroïdien et de voir, de ce fait, ses effets possibles sur la régénération des Téléostéens :

Pour *Ameiurus nebulosus*, nous avons fait des injections de « Lutogyl 5 » en solution huileuse; les doses correspondent de 5 à 15 mg d'hormone par kg d'animal et par jour. Au bout de cinq semaines, les témoins montrent un régénérat déjà assez évolué. Pour les

animaux traités, si la dose n'est pas trop forte, et s'ils peuvent survivre, on ne constate, à la fin de l'expérience, aucun début de régénération.

Pour *Lebistes reticulatus* et *Gambusia*, la prégnéninolone a été administrée sous forme de comprimés de « Lutogyl 10 » (0,010 g pour un comprimé). Le produit se dissocie au fond du bac et atteint l'animal non seulement par les branchies, mais aussi par voie digestive. Les doses utilisées ont varié entre 0,005 et 0,025 g par litre d'eau. Pour *Lebistes*, les témoins présentent en moins de huit jours un début très net de régénération de la nageoire sectionnée. En quinze jours, la réparation est totale.

Nous avons expérimenté, sur trois lots comprenant chacun 5 animaux, l'effet de 1, 2

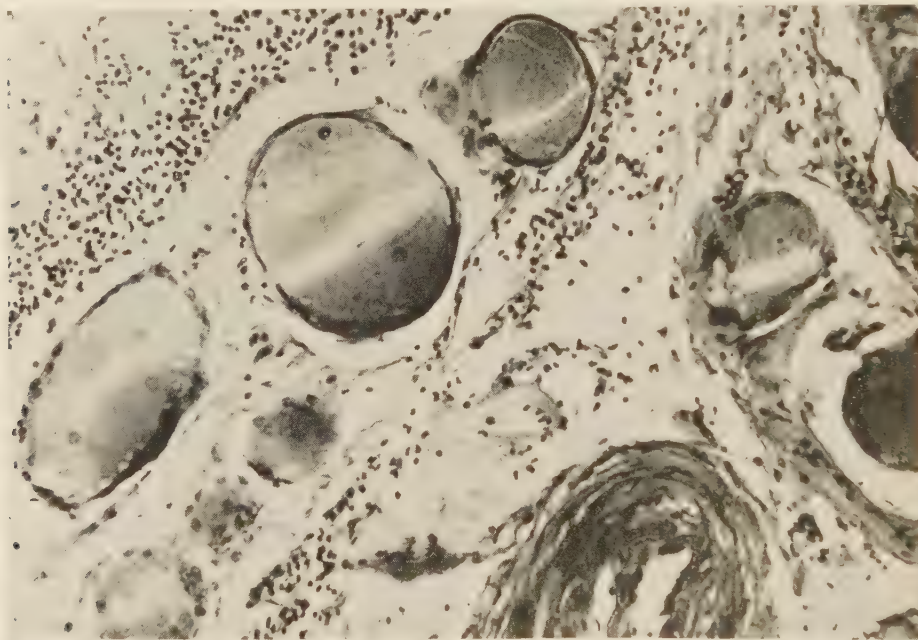


FIG. 22. — *Ameiurus nebulosus* : animal traité à la prégnéninolone.

et 4 comprimés pour 15 litres d'eau. Au bout d'une semaine, les animaux du premier lot présentent une réparation des nageoires de plus de 1 mm., moins nette et moins avancée pourtant que chez les témoins. Les animaux du deuxième et du troisième lots ne présentent aucun début de régénération. L'expérience poursuivie, en renouvelant l'eau des aquariums régulièrement, on n'observe, au bout de la deuxième et de la troisième semaine, aucune régénération chez les animaux de ces deux lots. Les animaux du premier lot ont, dès la troisième semaine, donc avec seulement un peu de retard sur les témoins, effectué une réparation totale.

Pour *Gambusia*, sur des animaux placés dans des bains contenant en solution deux comprimés par litre, nous avons fait des mesures et établi la courbe de vitesse moyenne de régénération (fig. 20).

Si l'action de la prégnéninolone sur la régénération est la même que celle des anti-thyroïdiens, son mécanisme est certainement différent : ici, en effet, la thyroïde est passée

à un stade de repos, alors que les témoins offrent des thyroïdes présentant tous les signes d'activité; les animaux traités ont des glandes présentant en nombre plus ou moins important des vésicules correspondant aux figures de repos (fig. 22).

Ainsi, en bloquant la thyroïde, tout au moins en diminuant la quantité de thyroxine déversée dans le sang, nous ralentissons la régénération.

2° *Action de la thyroxine.* — Nous avons essayé l'administration de thyroxine pour voir si elle pouvait agir sur le phénomène de régénération. Nous avons fait des injections

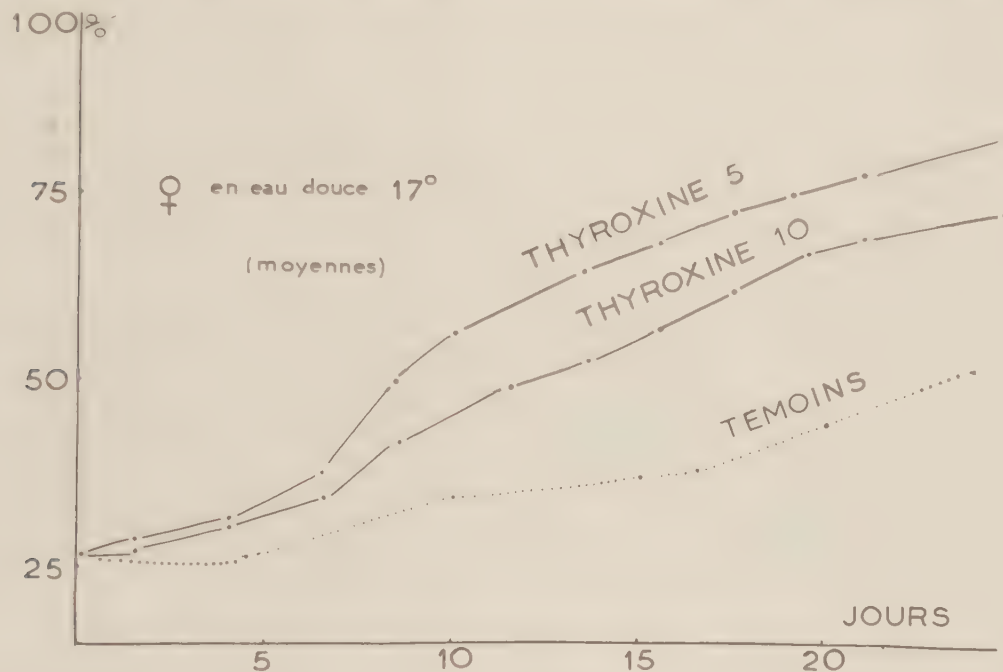


FIG. 23. — *Gambusia* femelles traitées à la thyroxine (eau douce 17°). Vitesse de régénération.

de thyroxine à différents Téléostéens. Les injections étaient faites régulièrement tous les deux jours (1/2 cm³ d'hormone correspondant à 10 mg pour deux Poissons).

Chez *Ameiurus nebulosus*, nous avons pu observer, au cours de l'hiver, un net début de régénération de la nageoire amputée. Ceci environ au bout de six semaines et après avoir fait deux séries d'injections.

Sur *Julis vulgaris*, nous avons obtenu des résultats nets aussi après un nombre assez important d'injections.

D'autre part, nous avons, une fois de plus, expérimenté sur les *Gambusia*. Nous avons placé ces animaux dans des cristallisoirs contenant, en solution dans l'eau, de la thyroxine à des concentrations variables. Un premier essai, fait avec des comprimés de « thyroxine Roche », nous donna de mauvais résultats (5 mg par litre). En effet, l'excipient, essentiellement de l'amidon, favorisait le développement de bactéries, qui donnaient à l'eau une couleur rosée, et amenaient assez rapidement la mort des Poissons.

Ayant obtenu de la thyroxine cristallisée pure, nous avons pu faire une solution concentrée à partir de laquelle nous avons réalisé ensuite les dilutions voulues. Après

quelques essais, nous avons eu des résultats concluants avec les concentrations suivantes : 5 mg/litre et 10 mg/litre. Les courbes de vitesse (fig. 23) montrent que la régénération se produit alors que rien ne se manifeste chez les témoins et que le processus de régénération est plus actif pour les animaux placés dans les bains les moins concentrés (5 mg/litre).

B. LES GONADES. — Nous avons vu que la régénération, déclenchée par un éclaircissement continu, provoquait un hyperdéveloppement des gonades. Les hormones sexuelles, capables de déterminer directement cet hyperfonctionnement, agiraient-elles d'une manière quelconque sur le phénomène de réparation osseuse ? (GARDNER et PFEIFFER, 1943; EATON, 1945). C'est ce que nous avons tenté de vérifier soit par injections sur des Poissons de taille suffisante, soit par bains, pour les *Lebistes* et les *Gambusia*. Nous avons essayé diverses concentrations (gouttes de folliculine huileuse ajoutée à la nourriture, benzogynestril : ampoules de 5 mg par cm³, propionate de testostérone : ampoules de 10 et 25 mg par cm³). Mais dans aucun cas nous n'avons obtenu le déclenchement de la régénération lorsqu'elle ne se produit pas chez les témoins.

C. L'HYPOPHYSE. — S'il n'est pas possible, chez les Téléostéens, pour des raisons anatomiques, de réaliser la thyroïdectomie, l'ablation de l'hypophyse est, par contre, possible. Un certain nombre de chercheurs l'ont pratiquée lors de travaux étudiant l'interaction des différentes glandes endocrines dans ces animaux (BECKS, 1942; EVANS, 1939; RICHARDSON, 1933-1940-1945; VIVIEN, 1939-1941).

1° Hypophysectomie. — Cette hypophysectomie, à laquelle nous avons procédé en premier lieu, était pour nous un moyen d'étudier le rôle de la thyroïde dans la régénération et de préciser les rapports entre les deux glandes. Nous avons utilisé comme matériel, d'une part, un Téléostéen marin : *Gobius capito*, d'autre part, un Téléostéen d'eau douce : *Ameiurus nebulosus*.

Ces deux animaux réunissent un certain nombre de particularités favorables : ils sont résistants, survivent assez longtemps hors de l'eau et ne se nécrosent pas trop facilement. Ils supportent assez bien l'anesthésie et les accidents post-opératoires sont rares. *Ameiurus nebulosus* s'élève très facilement en aquarium et peut être conservé vivant, avec une nourriture suffisante, pendant de longs mois. *Gobius capito* vit normalement sur des fonds rocheux près de la côte; il se fixe sur de gros galets qui lui servent d'appui. L'eau peu profonde où il vit atteint une assez haute température pendant l'été. Des conditions écologiques assez voisines peuvent être réalisées dans des aquariums dont le fond est garni de galets.

L'ablation de l'hypophyse se fait par la bouche (technique de VIVIEN), ce qui facilite la technique opératoire. Il n'est pas nécessaire d'opérer dans des conditions d'asepsie parfaite. Pourtant, le maximum de précautions doit être pris (champs stériles, instruments flambés et passés à l'alcool) pour éviter l'infection. Les opérés doivent être surveillés journellement et soumis à une désinfection répétée des plaies : on ajoute fréquemment du bleu de méthylène à l'eau des aquariums. Pour l'anesthésie, nous avons utilisé la méthode proposée par VIVIEN : anesthésie dans l'eau de mer progressivement enrichie en air éthéré. Mais pour opérer plus rapidement et plus simplement, des bains dans une solution d'uréthane à 2 % nous ont aussi donné des résultats satisfaisants.

L'animal anesthésié, recouvert d'une gaze humide, est placé, sur le dos, dans un moule

de paraffine creusé à son empreinte et solidement fixé au moule par un fil. La bouche est maintenue ouverte à l'aide de petits crochets de métal reliés à des fils qui tirent fortement la mâchoire inférieure vers l'arrière. La mâchoire supérieure est fixée au moule par un élastique tendu de part et d'autre.

Avant toute intervention, la cavité buccale est lavée avec soin à l'aide d'eau oxygénée à 20 volumes. Toute l'opération se fait sous la loupe binoculaire, la région buccale étant éclairée par une lampe intense, mais à champs très réduits.

La muqueuse buccale est incisée avec un fin scalpel en avant du point de trépanation proprement dit. Le volet, découpé dans cette muqueuse, est rabattu à l'arrière, mettant à jour la voûte buccale où la trépanation sera faite à l'aide d'une fraise de dentiste. Il faut enrayer l'hémorragie à l'aide de petits tampons de coton et, lorsqu'elle est trop abondante, aspirer avec une pipette reliée à une trompe à vide. Lorsque l'ouverture est nette, on aperçoit au fond de la cavité ainsi creusée la petite masse ronde de l'hypophyse : l'ablation est faite par

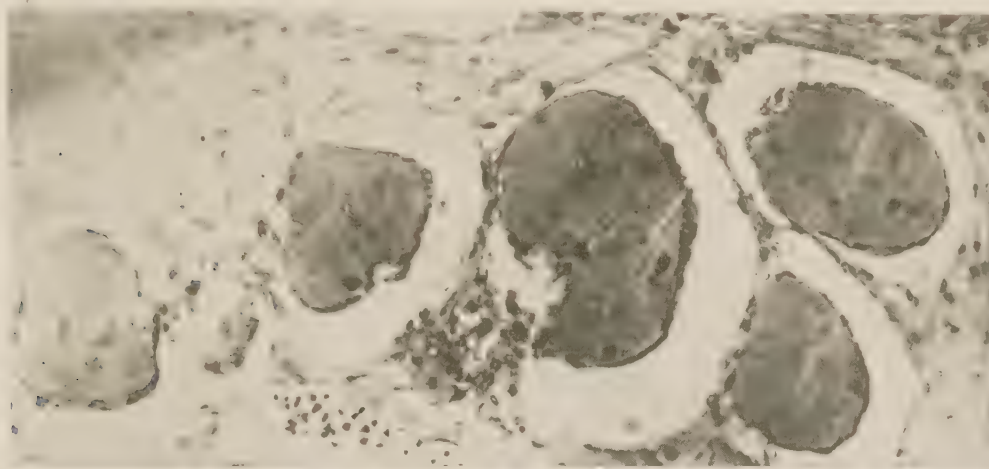


FIG. 24. — *Gobius capito* : thyroïde d'animal hypophysectomisé ($\times 350$).

aspiration à l'aide de la trompe à vide, à laquelle est branchée une canule de la taille de la cavité.

Avant de refermer, il faut nettoyer la zone atteinte avec de l'eau oxygénée. Le volet épithélial est ensuite rabattu. Quelques points de suture sont faits avec la soie très fine à l'aide d'une petite aiguille courbe utilisée pour les interventions ophtamologiques. Cette suture se trouve faite à l'avant du point de trépanation et cela empêche la pénétration d'une possible infection.

La plaie est examinée régulièrement les jours qui suivent l'intervention et fréquemment désinfectée à l'eau oxygénée. Au bout d'une quinzaine de jours, le volet est cicatrisé. Les fils de suture peuvent être enlevés. Les animaux opérés survivent très bien lorsque l'opération est réussie; la mortalité est relativement faible.

Les animaux ont, par ailleurs, subi la section d'une ou deux nageoires. Les témoins, placés dans les mêmes conditions, régénèrent très vite : pour *Gobius capito*, au bout d'une semaine, la réparation est commencée (les expériences ont été faites en mai-juin). Quant aux animaux opérés, ils sont à peine cicatrisés à la fin de l'expérience qui a duré plus de six semaines.

Certains de ces opérés ont été soumis à un éclairage continu. Pour eux, non plus, nous n'avons observé aucun phénomène réparateur.

A la fin de l'expérience, une étude histologique nous a permis de retrouver sur les glandes endocrines les effets connus de l'hypophysectomie chez les autres Vertébrés. L'examen de la glande thyroïde nous a révélé de grandes vésicules, à épithélium mince et dont la cavité est remplie de colloïde (fig. 24). Les gonades montrent une involution très nette, surtout les ovaires, où l'on ne trouve pratiquement plus d'oocytes mûrs. Le tissu interstitiel des testicules est peu développé. Cette involution est aussi marquée pour les animaux hypophysectomisés soumis à un éclairciment continu, alors que des animaux

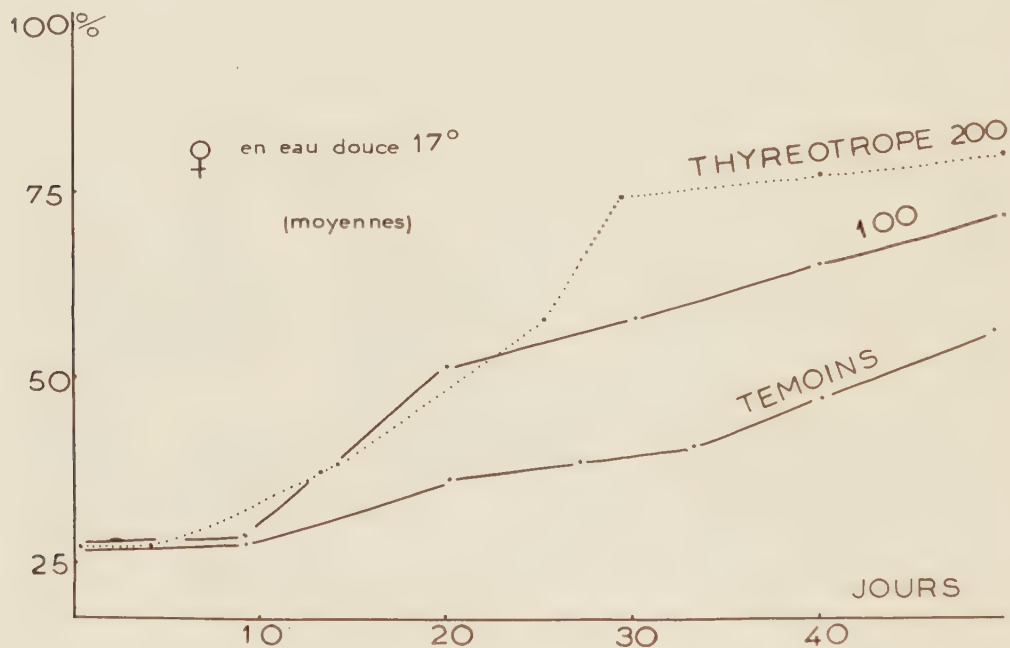


FIG. 25. — *Gambusia* femelles traitées à l'hormone thyroïdienne (eau douce 17°).
Vitesse de régénération.

normaux, soumis au même éclairciment continu, révèlent (voir p. 33) des gonades hypertrophiées.

Ces résultats, obtenus à la suite d'hypophysectomie, renforcent les présomptions d'une intervention hypophysaire dans les processus de régénération.

Les expériences devaient être complétées — sur des animaux non hypophysectomisés — par des injections d'hormones hypophysaires, injections faites à des périodes où les témoins ne régénèrent pas :

2° *Hormone gonadotrope*. — Nous avons fait des injections de cette hormone pour *Ameiurus nebulosus*, des bains pour *Lebistes* et *Gambusia*. Mais, dans aucun cas, et avec des concentrations très variables, nous n'avons obtenu un déclenchement de l'ostéogénèse réparatrice, lorsque la régénération ne se produisait pas chez les témoins.

3° *Hormone thyroïdienne*. — L'influence de l'hormone thyroïdienne sur la croissance des tissus osseux a été mise en évidence par SILBERBERG. Nous avons fait des injections de cette hormone chez *Ameiurus nebulosus*, *Gobius capito*, *Serranus cabrilla*. Nous

n'avons pas obtenu des résultats homogènes. Dans certains cas, la régénération se produisait; dans d'autres, non (injection de 1 cm³ par jour et pour deux Poissons, soit 100 unités). Pourtant, si le traitement était poursuivi assez longtemps et, surtout, si les injections étaient suffisamment rapprochées, le phénomène de régénération commençait.

L'administration régulière et continue de la substance par bain pour les *Gambusia* nous a donné des résultats plus significatifs (100 et 200 unités par litre). Les courbes (fig. 25) précisent l'action de cette hormone.

Les animaux placés dans les bains les moins concentrés (100 U./litre) commencent à régénérer après un temps de latence d'une semaine environ. Pendant les deux semaines qui suivent, la régénération est active (25 % régénérés en dix jours environ), puis se ralentit les semaines suivantes (10 % en vingt jours environ).

Les animaux séjournant dans les bains plus concentrés (200 U./litre) commencent plus vite leur régénération (qui se fait assez régulièrement pendant les trois ou quatre semaines suivantes (50 % en vingt-cinq jours). Mais, au bout de cette période, la régénération est à peu près arrêtée.

Cette série d'expériences nous apporte de nouvelles preuves de l'action de l'hypophyse et aussi de la thyroïde sur la régénération osseuse des nageoires de Téléostéens, et nous permet d'envisager son déterminisme contrôlé par les facteurs endocrines.

CONCLUSIONS

Dans ce travail, nous avons étudié les phénomènes de régénération des nageoires chez les Poissons Téléostéens. Notre étude expérimentale a eu pour but la recherche de leur déterminisme.

Observant, en premier lieu, ce qui correspond aux conditions naturelles, nous avons constaté que, selon l'époque de l'année, la régénération est possible ou ne l'est pas; lorsqu'elle est possible, elle est plus ou moins active. Cela nous a amené à examiner expérimentalement l'influence des facteurs externes qui varient le plus au cours de l'année, température et éclairage.

Le facteur température est nettement déterminant. Ses variations rendent possible ou non la régénération des nageoires. Dans l'échelle ascendante des températures, nous avons pu préciser l'existence d'une température seuil permettant la régénération, et dans la descendante celle d'une température limite au-dessous de laquelle le processus est impossible. Ces deux températures présentent un écart; il s'explique par la complexité qui existe ici, ainsi que nous le verrons plus loin, dans les relations de cause à effet et qui entraîne une certaine « inertie ».

D'autre part, nous avons observé que la vitesse de régénération est fonction de la température, cela aussi bien dans la nature que dans les conditions expérimentales.

Quant à l'éclairage, les faits se présentent moins nettement. Il peut varier de trois façons, par sa nature, son intensité, sa durée. Nous n'avons examiné que la lumière blanche, solaire ou produite par des lampes à incandescence.

Un éclairage continu est capable de déclencher les processus de régénération

lorsqu'ils n'ont pas lieu dans les conditions correspondant aux naturelles. Par contre, lorsque ces dernières permettent la régénération, une absence totale d'éclairement n'arrête pas la régénération : elle ne fait que la ralentir.

Par ailleurs, les variations d'intensité de l'éclairement entraînent des variations parallèles dans la vitesse de régénération, cela à condition que la température supposée constante reste favorable.

En résumé, si les conditions de température sont favorables, la régénération a lieu quel que soit l'éclairement, mais ce dernier agit sur la vitesse. Si la température est défavorable, un éclairement continu peut déclencher malgré cela le processus de régénération.

Nous avons été amené à penser que l'intervention des facteurs externes sur la régénération des nageoires n'était pas directe, mais se faisait par l'intermédiaire de glandes endocrines. Cette manière de voir est appuyée par un certain nombre d'arguments d'ordre expérimental, d'importance inégale d'ailleurs :

Température et éclairement agissent sur les glandes endocrines. Une élévation de température provoque, avec seuil, une activation de la thyroïde; un abaissement peut entraîner une mise au repos. D'autre part, un éclairement continu a, entre autres effets, un hyperdéveloppement des gonades; l'obscurité constante n'a aucun effet.

Les glandes endocrines ont une action sur la régénération. Si l'on bloque le fonctionnement de la thyroïde par l'action de substances « antithyroïdiennes » qui agissent sur la synthèse des composés iodés, on obtient un arrêt de la régénération, de la même façon qu'en abaissant la température. L'injection de thyroxine, qui peut remplacer une sécrétion thyroïdienne défaillante, accélère la régénération. Elle la provoque même dans des conditions défavorables. L'injection d'hormone hypophysaire thyrotrope, qui stimule la sécrétion de la thyroïde, produit des effets identiques.

On peut envisager peut-être aussi une intervention de l'hypophyse dans le contrôle des phénomènes de régénération. En effet : 1° La régénération est arrêtée par l'hypophysectomie. 2° La régénération se produit lorsque les animaux sont soumis à un éclairement continu, dans des conditions naturelles ne le permettant pas. Mais cet effet est supprimé par l'hypophysectomie. 3° L'inhibition par la prégnéninolone dont l'intervention sur la thyroïde par l'intermédiaire de l'hypophyse a été mise en évidence chez les autres Vertébrés.

Néanmoins, aucun de ces arguments ne permet d'affirmer qu'il n'y a pas cependant une intervention thyroïdienne. En effet, l'hypophysectomie entraîne une mise au repos de la thyroïde. La prégnéninolone, même si elle agit par l'intermédiaire de l'hypophyse, met aussi la thyroïde au repos.

L'arrêt de la régénération, chez les animaux soumis à un éclairement continu, mais hypophysectomisés, semble un argument plus probant. En effet, l'éclairement continu, chez les animaux non privés d'hypophyse, n'entraîne aucune transformation histologique de la thyroïde, qui conserve son aspect de repos; cela conduit à penser que la sécrétion n'est pas augmentée. Néanmoins, il serait hasardeux de fonder toute notre interprétation sur ce seul critère histologique. Il semble difficile, pour le moment, de parler d'un rôle prépondérant de l'hypophyse en la matière.

Si l'on envisage le problème du point de vue général, on constate que chez les Vertébrés inférieurs — chez les Amphibiens en particulier — qui ont fait l'objet de nombreux travaux, la thyroïde joue un rôle capital sur les phénomènes de croissance et

de régénération. Ainsi, chez le Triton hypophysectomisé, la régénération est arrêtée, tout au moins pendant un temps assez long, mais le mécanisme se remet en marche si l'on stimule la thyroïde ou si l'on fait des injections de thyroxine.

Par contre, chez les Vertébrés supérieurs, les phénomènes de croissance et de régénération sont presque exclusivement réglés par l'hypophyse, au point que chez un Rat de 30 jours la croissance s'arrête immédiatement après l'hypophysectomie et que les injections de thyroxine sont alors sans effet sur la croissance; par contre, des injections hypophysaires permettent la régénération.

Pour les Poissons, le déterminisme nous semble beaucoup plus proche de celui des Amphibiens que de celui des Mammifères.

Les autres facteurs externes qui agissent d'une manière continue n'agissent que faiblement et uniquement sur la vitesse de régénération (salinité par exemple). Et ils n'interviennent sur les glandes endocrines que lorsqu'ils varient brutalement. Autrement, l'organisme adapté à son milieu fonctionne normalement.

Toutes ces observations sur le déterminisme du phénomène de régénération nous ont permis de contribuer indirectement à l'étude endocrinologique des Poissons en éclaircissant un peu la question posée par les rapports qui existent entre les différentes glandes endocrines de ces animaux. Les processus de régénération pourront peut-être, dans la suite, être utilisés comme test dans l'étude du fonctionnement endocrinien.

APPENDICE

TABLEAU I. — *Gambusia* ♀ en eau saumâtre.

Jours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1.....	28	31	33	39	45	50	58	60	64	70	72	80	84	85	85	88	90	90	90	91	95	96	99	100
2.....	27	29	33	36	40	44	47	57	58	62	63	70	79	80	82	83	89	89	89	95	96	97	100	100
3.....	26	26	32	36	37	42	46	52	58	62	66	70	76	76	78	82	84	89	92	94	96	97	98	99
4.....	23	24	29	38	45	46	53	55	66	73	77	80	86	89	93	95	97	98	99	102				
5.....	25	26	33	39	40	42	48	49	50	59	62	62	66	67	67	78	83	83	95	98	100			
6.....	29	31	33	35	37	40	42	48	52	56	57	62	68	71	73	74	76	87	95	96	100	103		
7.....	22	24	26	27	30	34	36	40	44	51	55	62	67	68	73	74	79	89	96	97	100			
8.....	24	25	35	38	40	43	50	54	56	65	71	76	79	80	82	82	84	91	95	100	102			
9.....	22	30	35	37	41	46	52	55	62	64	72	79	80	82	82	89	90	95	100	102				
10.....	24	26	35	40	42	44	46	50	55	62	67	74	78	86	88	94	99	102	102					
11.....	25	27	36	42	44	46	50	55	62	67	74	78	86	88	94	99	102	102						
12.....	27	29	39	44	46	49	54	58	66	71	75	77	80	87	95	100	102	102						
M.....	25	27	35	40	42	45	50	54	60	66	70	73	77	81	85	88	90	93	95	97	98	99	99	100
± σ m.....	0,5	0,73	1,03	1,4	1,3	1,18	1,2	1,6	2,15	1,9	1,9	2,1	1,7	2,25	2,7	3	2,6	2,9						

TABLEAU I bis. — *Gambusia* ♀ en eau saumâtre.

Jours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1.....	0	2,3	2,3	4,75	14,6	21	28,5	40	43	45	57	59	64	71	74	79	82	83	86	90	95	97	98	99	100	100
2.....	0	0	1,9	3,7	3,7	9,4	13,1	20,5	24,5	39,5	42	43	47	53	58,5	66	70	72	76	76	78	80	83	85	90	94
3.....	0	2,1	2,1	4,2	8,5	15	21	25,5	34	42,5	49	53	60	64	66	68	70	77	83	88	90	90	92	94	96	100
4.....	0	4,3	10,8	10,8	15,2	24	28,5	32,5	41	48	56,5	65	72	77	83	87	92	93	95	98	98	100	100	100	100	100
5.....	0	0	1,9	5,7	13,2	16	17,1	25	27	32	36	38,5	41	44	45	46,5	49	54	56	58	71	75	80	83	87	93
6.....	0	10,7	16	19,8	25	28,5	30,5	44,5	46	48	58	60	62	64	70	71,5	72	73	73	76	78	80	82	85	87	93
7.....	0	0	1,9	1,9	3,7	3,7	7,5	13,1	17	26,5	28	36	38	45	48	53	56,5	58	60	62	62	66	70	70	71	78
8.....	0	0	0	3,6	5,4	9	10,9	18	28,5	27	36	42	51	52	54,5	58	60	67	70	76	82	84	89	92	96	100
9.....	0	0	0	0	0	1,8	3,6	12,5	16	18	25	30,5	36	39,5	40	41	43	44,5	46,5	47	48	52	56	59	63	67
10.....	0	9,6	9,6	13,6	19,1	23	30,5	34,5	52	56	58	62	64	73	75	79	80	81	84	86	88	90	92	96	97	98
11.....	0	0	0	0	0	4,75	21	23,5	28,5	33	38	52,5	56	57	60	64	69	74	80	88	90	92	94	96	98	100
12.....	0	0	0	0	3,5	7	21	24	30	32	35	42	45	47,5	51	52	54,5	56	60	63	66	70	72	77	80	82
M.....	0	2,41	3,79	5,7	12,5	13,6	19,5	26,4	31,7	37,2	43	48,8	53	57	60,5	64	66,5	69,5	73	76	78	81,5	85	87	89	94
± σ m.....	0	0,65	1,52	1,32	2,5	2,6	2,75	2,77	3,24	3,18	3,7	3,27	3,43	3,52	3,85	3,9	4,15	4	4,1	4,4	4,3	3,96	3,45	4,18	3,45	3,18

TABLEAU II. — *Gambusia* ♂ en eau saumâtre.

Jours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1.....	24	24	24	26	26	30	36	42	46	53	57	61	64	67	71	75		83		87			92		95	
2.....	23	23	25	27	29	30	34	40	46	49	53	65	74	76	83	83		93		100		100		100		100
3.....	26	26	30	30	32	34	36	46	55	57	59	63	65	67	73	75		80		86		94		98		102
4.....	28	30	37	40	48	60	60	62	73	75	77	80	84	85	88			93		97		100		100		
5.....	22	27	35	39	50	56	66	66	68	68	70	79	81	85	87	91		93		95		100		101		
6.....	26	30	38	42	50	52	61	62	65	66	69	76	78	86	87	89		91		95		101		99		99
7.....	28	30	32	36	42	46	53	60	63	65	67	69	71		75	76		83		89		91		85		97
8.....	21	26	30	32	37	37	41	44	46	51	60	62	64		69	75		80		83		85		87		87
9.....	24	24	25	31	38	44	50	59	59	62	70	72	79		83	83		90		96		98		101		101
10.....	25	37	40	42	48	54	60	62	67	70	75	79	82		83	83		85		88		96		100		100
11.....	27	41	42	46	47	49	53	56	64	71	73	73	78		86	87		94		95		96		102		102
12.....	28	39	44	47	48	49	55	61	66	72	75	77	80		87	87		97		100						
M.....	25	33	36	39	42	46	51	56	61	65	69	72	76	79	82	84		90		93		95		100		100
± σ m.....	0,69	2	2,1	2,21	2,6	3	5,45	2,75	3	2,7	2	2,34	2	2	2	1,75		2		1,67				1,45		

TABLEAU III. — *Gambusia* : jeunes en eau saumâtre.

Jours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.....	21	33	46	51	57	72	78	93	96	103			
2.....	28	34	36	45	48	58	64	80	86	89		100	
3.....	26	37	43	50	54	60	80	91	95	100		102	
4.....	26	28	34	37	48	58	63	65	77	80		100	
5.....	23	29	30	32	41	50	53	67	70	79		90	94
6.....	26	34	44	53	63	70	83	93	96	106			
7.....	29	39	46	61	73	77	83	92	97	101			
8.....	24	29	43	46	48	59	65	70	78	82		92	95
9.....	26	32	43	47	55	64	71	79	88	102			
10.....	25	28	37	42	51	60	68	84	87	100		100	
11.....	27	37	44	50	54	63	73	81	87	90		103	
12.....	22	32	36	47	56	65	71	80	86	95		101	
M.....	25	32	40	47	54	63	71	81	87	94		98	100
± σ m.....	0,54	0,97	1,5	2,15	2,35	1,95	2,4	2,8	2,4	2,75		2,6	

TABLEAU IV. — Girelles : *nageoires caudales*.

Semaines 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.....	27	36	39	40	44	51	57	59	62
2.....	26	39	42	46	48	53	56	62	69
3.....	25	36	42	42	47	52	61	64	77
4.....	26	31	40	43	43	53	59	66	70
5.....	23	30	31	36	37	44	57	61	64
6.....	29	42	44	47	48	50	57	61	65
7.....	28	40	41	45	46	48	54	58	63
8.....	24	39	42	46	48	51	58	64	70
M.....	26	38	40	43	47	49	56	61	65
± σ m.....	0,72	0,91	1,25	1,25	0,64	1,14	0,80	1,02	1,75

2,42

TABLEAU V. — Girelles : *nageoires pectorales*.

Semaines 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.....	25	30	37	40	52	63	69	75	79	82
2.....	26	33	35	43	48	61	64	77	81	86
3.....	27	37	44	54	63	71	77	79	83	87
4.....	24	31	34	35	46	53	54	61	76	85
5.....	24	33	39	45	55	62	68	77	82	84
6.....	26	30	38	43	55	62	66	78	83	85
7.....	28	38	40	45	54	63	66	68	81	86
8.....	27	33	36	43	50	60	65	72	83	88
M.....	26	33	38	43	53	62	66	74	81	86
± σ m.....	0,56	0,98	1,2	1,8	1,88	1,7	2,15	2,01	2,55	2,3

2,7

TABLEAU VI. — *Gambusia* ♀ privées de nourriture.

Jours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1.....	22	23	29	30	36	37	38	39	45	45	46	48	50	50	55	55	55	55	55	58	58	62	62	62
2.....	25	28	29	31	35	40	41	44	45	46	47	49	49	51	53	53	59	59	59	60	60	60	60	60
3.....	28	31	32	33	37	38	42	44	49	51	51	51	55	58	58	58	59	59	59	60	60	60	60	60
4.....	23	23	23	25	25	25	25	29	30	40	40	44	45	49	51	51	53	53	53	55	55	56	56	56
5.....	28	31	35	35	37	41	44	45	45	45	46	48	50	52	57	57	59	59	60	60	60	62	62	62
6.....	22	22	22	23	24	26	27	30	34	37	37	40	42	45	45	45	47	47	47	47	47	49	49	49
7.....	25	26	27	28	32	33	36	36	41	48	49	50	52	53	54	54	57	57	58	58	58	60	60	60
8.....	24	26	29	30	33	36	37	38	41	46	46	49	50	51	54	54	55	55	55	58	58	61	61	61
M.....	24	26	28	29	32	34	36	37	41	45	45	47	49	51	53	53	55	55	57	57	57	59	59	59
± σ m.....	0,8	1,5	1,3	1,2	1,5	2	2,1	2,2	2,1	1,2	1,2	0,9	1,1	1,2	0,9	0,9	1,04	1,04	0,84	0,84	0,84	0,69	0,69	0,69

TABLEAU VII. — *Gambusia* ♀ 24".

Jours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1.....	27	34	38	41	50	52		64	69				90		92	94		99		100
2.....	25	32	35	41	50	52		64	64				77		87	88		92		100
3.....	23	30	33	37	45	48		62	62				85		90	94		99		102
4.....	27	29	29	32	38	42		55	55				78		84	87		89		100
5.....	25	32	39	42	48	49		58	60				84		91	91		89		100
6.....	23	27	36	43	49	53		63	75				88		92	92		90		101
7.....	25	31	35	38	47	48		54	60				81		85	87		90		99
8.....	26	30	36	39	46	50		58	69				85		92	93		96		102
9.....	25	30	36	39	48	50		59	62				85		90	92		94		99
10.....	24	28	33	40	45	49		57	65				83		89	92		92		100
M.....	25	30	35	39	46	49		59	64				83		89	91		93		100
± σ m.....	0,46	0,63	0,86	1,2	1,06	0,93		1,14	1,66				1,33		1,33	0,86		0,52		

TABLEAU VIII. — *Gambusia* ♀ 30".

Jours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1.....	26	26	30		43			55			66			91		97		103
2.....	23	28	31		46			63			67			82		85		97
3.....	24	25	30		51			59			75			87		92		99
4.....	23	24	34		38			60			75			100				
5.....	27	30	35		47			59			75			84		93		100
6.....	29	34	37		48			60			69			93		93		102
7.....	25	25	31		44			59			71			89		99		100
8.....	27	29	32		44			51			64			85		86		99
9.....	23	27	32		42			62			74			93		96		100
10.....	25	27	33		46			64			75			89		98		102
M.....	25	27	32		44			59			71			89		92		100
± σ m.....	0,6	0,9	0,63		1,13			1,2			1,36			1,6		1,2		1,15

TABLEAU IX. — *Gambusia* ♀. Obscurité.

Jours	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1.....	28	31		32	35		42		52		57		62
2.....	24	24		26	27		36		40		50		57
3.....	24	25		26	28		44		54		59		65
4.....	20	23		23	26		41		50		58		62
5.....	26	28		30	34		36		56		62		69
6.....	24	26		26	30		42		48		56		58
7.....	26	26		26	34		34		54		58		60
8.....	24	24		24	33		46		51		61		63
9.....	22	22		22	31		45		52		60		63
10.....	23	23		23	32		44		52		59		61
M.....	24	25		25	31		41		51		58		62
± σ m.....	0,73	0,86		0,97	0,97		1,43		1,4		1,06		1,1

TABLEAU X. — *Gambusia* ♀ : Différentes intensités lumineuses.

600 Lux.										1 050 Lux.										1 500 Lux.									
Jours										Jours										Jours									
0	5	10	19	22	0	5	10	19	22	0	5	10	19	22	0	5	10	19	22										
1.....	17	20	32	48	54	25	29	35	41	1.....	25	29	35	41	50	80	92	98	100										
2.....	20	20	27	42	44	51	59	61	68	2.....	51	59	61	68	21	51	66	73	76										
3.....	39	45	58	65	69	34	38	44	56	3.....	34	38	44	56	35	66	78	83	85										
4.....	28	35	55	73	79	38	43	49	58	4.....	38	43	49	58	42	67	85	89	93										
5.....	42	51	67	84	90	75	77	87	91	5.....	75	77	87	91	27	60	77	84	86										
6.....	68	77	86	97	100	26	29	37	42	6.....	26	29	37	42	35	64	81	87	89										
M.....	35	41	54	68	72	M.....	37	44	52	58	61	M.....	37	44	52	64	81	87	89										
± σ m.....	—	3,1	6,5	8,3	8,5	—	1,9	0	3	2,6	± σ m.....	—	1,9	0	3	12,5	12,5	0,8	2	1,75									

TABLEAU XI. — *Gambusia* ♀. Eau douce. Différentes durées d'éclairement.

9 heures.							4 heures.							
Jours	0	5	10	14	19	22	Jours	0	5	10	14	19	22	26
1.....	46	61	69	85	91	92	1.....	43	55	66	70	73	76	88
2.....	50	63	71	88	94	101	2.....	31	44	51	58	58	62	86
3.....	42	58	60	76	90	96	3.....	43	59	64	71	73	77	89
4.....	43	52	66	82	82	84	4.....	51	59	72	78	85		
5.....	44	55	62	77	84	96	5.....	43	52	64	70	76	82	90
6.....	45	58	67	84	89	97	6.....	50	65	71	78	84	86	92
M.....	45	58	66	82	86	95	M.....	43	55	64	71	76	76	87
± σ m.....	1,8	1,6	1,72	1,94	1,8	2,43	± σ m.....	3,6	3,6	3,05	2,65	4,25	2,55	1,55

TABLEAU XI bis.

19 heures.								14 heures.						
Jours	0	5	10	14	19	22	26	Jours	0	5	10	14	19	22
1.....	23	39	46		60	70	78	1.....	47	64	70	77	77	85
2.....	17	39	41		49	57	65	2.....	38	68	77	86	86	88
3.....	22	41	50		59	68	75	3.....	32	60	62	68	70	74
4.....	35	45	54		86	91	96	4.....	60	72	78	84	88	100
5.....	23	40	48		69	72	82	5.....	44	67	76	82	84	89
6.....	25	44	50		63	74	80	6.....	50	69	76	81	83	87
M.....	24	41	48		64	72	80	M.....	47	67	74	80	81	87
± σ m.....	2,48	1,1	0,8		5,14	4,54	4,2	± σ m.....	4,11	1,8	2,58	2,7	2,8	3,45

TABLEAU XII. — *Gambusia* ♀ en eau douce.

Jours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1.....	26	26	28	28	33	38	44	47	50	51	52	55	59	62	62	66	68	68	71	71	76	76	85	85	92	92	100	100
2.....	20	21	22	24	25	30	33	40	50	52	55	61	67	67	68	71	71	71	78	78	86	86	96	96	98	98	100	100
3.....	25	30	32	33	38	44	50	55	60	63	67	68	68	74	76	83	84	84	85	85	96	96	98	98	103	103		
4.....	28	32	32	33	36	40	43	50	51	52	59	60	61	63	65	65	72	72	75	75	79	79	93	93	96	96	104	104
5.....	28	35	35	38	42	45	51	56	60	66	66	68	72	79	79	81	81	81	85	85	94	94	100	100	102	102		
6.....	21	23	24	24	25	29	36	41	44	47	50	52	54	56	60	67	69	69	69	69	84	84	94	94	98	98		
7.....	28	28	28	29	33	37	45	50	55	55	58	60	63	68	70	74	75	75	75	75	88	88	99	99	100	100		
8.....	27	27	28	28	33	39	42	48	50	51	55	56	62	67	68	72	73	73	73	73	85	85	95	95	100	100		
9.....	29	29	29	29	34	36	41	48	50	52	54	58	61	66	67	78	80	80	80	80	84	84	93	93	98	98		
10.....	27	27	27	28	31	35	40	48	52	53	55	58	60	65	65	71	74	74	77	77	85	85	97	97	100	100		
11.....	27	28	29	29	32	38	44	53	53	60	62	62	64	67	68	70	72	72	77	77	86	86	96	96	100	100		
12.....	29	30	30	31	35	39	46	53	55	60	64	66	68	69	70	75	82	82	88	88	90	90	98	98	100	100		
M.....	26	28	28	29	33	37	43	50	52	55	58	60	63	67	67	72	75	75	77	77	86	86	95	95	99	99	100	100
± σ m.....	0,79	0,97	0,88	1,04	1,4	1,5	1,3	1,45	1,11	1,67	1,4	1,41	1,3	1,68	1,55	1,6	1,51	1,51	1,62	1,62	1,52	1,52	1,11	1,11				

TABLEAU XIII. — *Gambusia* ♀. Thyroxine 5 mg/litre.

Jours	1	4	9	13	17	21	25	29	33	37	41	44
1.....	27	29	37	37	50	58	65	74	79	79	80	87
2.....	22	23	23	36	46	53	65	65	71	76	76	80
3.....	29	36	38	43	56	59	65	69	69	72	80	84
4.....	28	28	32	39	51	58	65	68	73	74	76	85
5.....	27	28	31	39	52	54	68	70	74	75	78	81
6.....	28	29	32	36	47	56	62	69	72	73	80	83
M.....	27	29	32	38	50	56	65	69	73	74	78	83
± σ m.....	1	1,7	1,84	1,08	1,48	1,03	0,76	1,2	1,4	1,08	0,67	1,08

TABLEAU XIV. — *Gambusia* ♀. Thyroxine 10 mg/litre.

Jours	1	4	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45	49	53	57	63	67
1.....	22	22	23	32	40	43	46	49	55	59	61	78	84	86	88	89	97
2.....	28	29	37	45	53	59	64	66	67	68	72	76	80	84	84	88	95
3.....	21	24	26	32	36	42	44	53	58	60	66	74	79	80	82	87	89
4.....	23	27	28	35	44	47	50	56	64	66	69	77	80	82	87	92	99
5.....	22	25	26	34	40	44	49	54	61	64	68	77	81	83	85	91	98
6.....	22	23	28	38	45	47	53	58	61	62	65	74	82	89	94	97	102
M.....	23	25	28	36	43	47	51	56	61	63	67	76	81	84	87	91	100
± σ m.....	1,04	1,06	2,2	2,15	2,4	2,6	2,95	2,4	1,78	1,48	1,5	0,75	0,73	1,3	1,78	1,45	2,35

TABLEAU XV.
Gambusia ♀. Thiourée.

Semaines	0	1	2	3	4	5	6
1.....	26	31	51	61	64	72	80
2.....	24	30	58	74	79	79	87
3.....	25	32	47	62	84	84	89
4.....	23	30	42	64	84	89	92
5.....	27	32	47	64	71	76	84
6.....	25	31	52	66	83	86	90
M.....	25	31	49	65	77	81	87
± σ m.....	0,58	0,36	2,45	1,93	2,95	2,65	1,8

TABLEAU XVI.
Gambusia ♀. Aminothiasol.

Semaines	0	1	2	3	4
1.....	23	30	38	76	98
2.....	24	31	44	79	95
3.....	26	32	46	65	95
4.....	27	34	44	72	100
5.....	25	35	45	67	96
6.....	24	29	41	65	98
M.....	25	32	43	70	97
± σ m.....	0,58	0,94	1,2	2,5	0,8

TABLEAU XVII. — *Gambusia* ♀. Lutogyl.

Jours	1	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41
1.....	25	26	30	32	35	35	37	38	38	40	42
2.....	28	29	31	34	35	37	37	40	42	44	44
3.....	27	30	31	35	40	41	42	43	46	48	48
4.....	26	26	28	33	36	45	47	48	48	48	49
5.....	24	26	30	34	38	44	49	49	49	49	50
6.....	23	29	36	36	38	46	46	48	48	48	50
M.....	25	28	31	34	37	41	43	44	45	46	47
± σ m.....	0,76	0,76	1,08	0,58	0,84	1,84	2,06	2,2	1,75	1,44	1,3

TABLEAU XVIII. — *Gambusia* ♀. Thyrohormone 100 U/litre.

Jours	0	3	7	11	15	19	23	26	30	32	36	40	44	48	52
1.....	26	37	37	46	56	59	68	68	72	72	78	84	91	96	100
2.....	28	31	31	40	46	53	56	57	61	61	64	68	78	90	96
3.....	25	28	29	37	46	54	58	62	62	68	69	69	84	93	
4.....	26	32	34	42	52	56	59	61	67	68	71	73	84	95	
5.....	28	34	34	41	48	55	63	70	73	74	73	75	87	90	
6.....	24	31	32	40	47	54	55	55	61	65	69	71	81	92	
M.....	26	32	33	41	49	55	59	62	67	79	71	73	84	93	98
± σ m.....	0,59	1,14	1,14	1,22	1,86	2,9	2,85	2,6	2,3	2,0	1,9	2,4	1,9	1,04	

TABLEAU XIX. — *Gambusia* ♀. Thyrohormone 200 U/litre.

Jours	1	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45	49	53
1.....	26	26	30	38	40	42	44	52	60	67	72	88	88	94
2.....	27	28	31	38	41	42	45	53	60	64	75	87	87	90
3.....	24	28	34	37	40	45	43	52	63	69	74	88	88	91
4.....	27	25	32	37	39	39	44	55	59	66	70	91	92	100
5.....	26	29	33	36	39	41	46	57	64	68	74	88	91	95
6.....	26	26	31	42	41	43	42	50	60	68	73	86	89	94
M.....	26	27	32	38	40	42	44	53	61	67	73	88	89	94
± σ m.....	0,45	0,43	0,68	0,96	0,2	0,82	0,58	1,	0,82	0,73	0,73	0,68	0,77	

BIBLIOGRAPHIE

1932. ABELOOS (M.). — La régénération et les problèmes de la morphogénèse. *Collection actualités biologiques*. Gauthier-Villars, 1932.
1932. ADAMS (A. E.). — Anterior pituitary extract and regeneration of the Lind leg in *Triturus viridescens*. *Anat. Rec.*, vol. 52, suppl. p. 45.
1946. — Variations in the potency of thyrotrophic hormone of the pituitary in animals. *Dept of Zoology, Mount Hol. Col. The Quaterly Rev. of Biol.*, 1946, 21/1 (1-32).
1929. ADAMS (A. E.) et RICHARDS (L.). — The effect of thyroïdectomy in *Triturus viridescens*. *Anat. Rec.*, vol. 44, pp. 222-223.
1928. ANDRÉ (E.). — Actions des variations brusques de température sur les Poissons. *Bull. Suisse pêche et pisciculture*, vol. 29, n° 11, pp. 162-164.
1929. ARON (M.). — Action de la préhypophyse sur la thyroïde chez le Cobaye. *C. R. Soc. Biol.*, 1929, t. 102, p. 682.
1930. — Action combinée de la thyroxine et de l'extrait préhypophysaire sur la thyroïde chez le Cobaye. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, t. 104, p. 96.
1930. — Particularités histologiques de la réaction de la thyroïde aux extraits de lobe antérieur d'hypophyse. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, t. 103, pp. 145-148.
1930. — Indications apportées par la méthode des injections hypophysaires sur le fonctionnement de la thyroïde et ses tests morphologiques. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, t. 103, pp. 148-150.
1936. — Sur le titrage biologique de la thyroïdostimuline préhypophysaire : le seuil des mitoses dans la thyroïde des cobayes traités. *C. R. Soc. Biol.*, 1936, t. 123, p. 250.
1947. ARON (M.) et ARON (C.). — Action sur la thyroïde du Cobaye de la thyroxine directement introduite dans la glande, comparativement avec son action en injection sous-cutanée. *C. R. Soc. Biol.*, 1947, t. 141, p. 197.
1947. ARON (M.) et ARON (C.). — Action sur la glande thyroïde, chez le Cobaye, de l'iode, de certains composés iodés et de l'extrait thyroïdien, directement introduits dans l'organe. Essai d'interprétation du fonctionnement thyroïdien. *C. R. Soc. Biol.*, juin 1947, t. 141, pp. 670-671.
1947. ARON (C.) et MARESCAUX (J.). — Observations à propos de l'action mitogène de la thyroïdostimuline sur la thyroïde. *C. R. Soc. Biol.*, 1947, t. 141, p. 673.
1947. — Observations à propos du mode d'action de la thiourée sur la thyroïde. *C. R. Soc. Biol.*, 1947, t. 141, n° 11-12, p. 671.
1931. ARON (M.), VAN CAULEART (C.) et STAHL (J.). — L'équilibre entre l'hormone préhypophysaire et l'hormone thyroïdienne dans le milieu intérieur à l'état normal et à l'état pathologique. *C. R. Soc. Biol.*, 1931, t. 107, p. 64.
1943. ASTWOOD (E. B.). — The chemical nature of compounds which inhibit the function of the thyroid gland. *The Journal of Pharm. and exp. therapeutics*, mai 1943, vol. 78, n° 1, p. 79.
1945. ASTWOOD (E. B.), BISSEL (A.) et HUGHES (A. M.). — Further studie on the chemical nature of compounds which inhibit the function of the thyroid gland. *Endocrinol.*, déc. 1945, 37, p. 456.
1921. AUDIJE (J.). — Sur la croissance des Poissons maintenus en milieu de température constante. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, vol. 172, n° 5, pp. 287-289.
1942. BECKS (H.), RAY (R. D.), SIMPSON (M. E.) et EVANS (H. M.). — Effect of thyroxin and an anterior pituitary extract containing growth hormone on endochondral ossification. *Arch. Path.*, 1942, vol. 34, pp. 334-357.
1941. BENOIT (J.). — Action ostéogénétique et hypercalcémiant du benzoate d'œstradiol chez le Canard domestique mâle. Etude chimique. *C. R. Soc. Biol.*, 1941, t. 135, pp. 1596-1599.
1942. BENOIT (J.), CABANES (R.), MESSERSCHMITT (J.) et CLAVERT (J.). — Contribution à l'étude histologique de l'ostéogénèse provoquée par la folliculine chez le Canard. *C. R. Soc. Biol.*, 1942, t. 136, pp. 755-756.

1942. BENOIT (J.), CHECHAN (C.) et CLAVERT (J.). — Action de la folliculine sur le métabolisme du calcium chez les Oiseaux. III. Etude microphotométrique des radiographies d'ossification folliculinique chez le Pigeon domestique. *Trav. Memb. Soc. Chim. Biol.*, 1942, t. 24, pp. 1464-1468.
1942. BENOIT (J.) et CLAVERT (J.). — Rôle de la thyroïde dans le mécanisme de l'action hypercalcémiant de la folliculine chez le Canard domestique. *C. R. Soc. Biol.*, 1942, t. 136, p. 757.
1942. — Action de la folliculine sur le métabolisme du calcium chez les Oiseaux en régime normal et en régime acalcique. *Bull. Acad. Med.*, 1942, t. 126, pp. 64.
1943. — Etude histologique de l'ossification folliculinique chez les Oiseaux. *Bull. Hist. Appl. Phys. et Path.*, 1943, 20, p. 25.
1945. — Rôle indispensable des parathyroïdes dans la calcification de « l'os folliculinique » chez le Canard domestique. *C. R. Soc. Biol.*, 1945, t. 139, p. 743.
1942. BENOIT (J.), CLAVERT (J.) et GRINGAUD (R.). — Action de la folliculine sur le métabolisme du calcium chez les Oiseaux. I. Ossification folliculinique. Variations quantitatives des principaux constituants chimiques de l'os provoquées chez le Canard et le Pigeon par l'hormone sexuelle femelle. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1942, t. 24, pp. 1311-1322.
1941. BENOIT (J.), FABIANI (G.), GRANGAND (R.) et CLAVERT (J.). — Etude de l'action hypercalcémiant de la folliculine chez les Oiseaux. Relation entre les doses injectées et la réponse sérique. Participation des parathyroïdes à l'action de la folliculine. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1941, t. 23, pp. 1481-1491.
1941. — Suppression par la parathyroïdectomie de l'action hypercalcémiant du dipropionate d'œstradiol chez le Canard domestique. *C. R. Soc. Biol.*, 1941, t. 135, pp. 1606-1609.
1941. — Action hypercalcémiant de la propionate d'œstradiol chez la Cane domestique castrée. *C. R. Soc. Biol.*, 1941, t. 135, pp. 1602-1605.
1941. BENOIT (J.), GRANGAND (R.) et SARFATI. — Modifications squelettiques et sériques consécutives à l'activation ovarienne déclenchée par l'éclairement artificiel chez la Cane domestique. *C. R. Soc. Biol.*, 1941, t. 135, pp. 1482-1485.
1941. BENOIT (J.), MESSERSCHMITT (J.) et GRANGAND (R.). — Action ostéogénétique du benzoate d'œstradiol chez le Canard domestique mâle. *C. R. Soc. Biol.*, 1941, t. 135, pp. 1593-1596.
- BERZOLARI (E.). — Sul potere rigenerativo della parte posteriore del Ammocoetes branchialis. *Bul. Ist. Zool. R. Univ. Palermo*.
1944. BLANC (M.). — Etude comparative de l'ossification des arcs branchiaux chez les Poissons Téléostéens. *Diplôme Etudes Sup.*, Paris, 20 nov. 1944, n° 902, 20 p., 11 fig.
1944. — L'ossification des arcs branchiaux chez les Poissons Téléostéens. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 1944, LXIX (6), pp. 226-230.
1947. — Structure histologique des rayons de nageoires chez les Poissons Téléostéens. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, janv., LXXII, pp. 17-22.
1948. — Sur la réparation des nageoires de Poissons Téléostéens après amputation d'un volet médian. *Arch. Zool. Exp. Gen.*, 1948, 85, n. et r., n° 4, pp. 84-88.
1948. — Sur les destinées des fragments de rayons osseux isolés de leur base dans les nageoires de Poissons Téléostéens. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 3 avril 1948, t. 226, pp. 1466-1468.
1949. — Etude histologique de la régénération des nageoires chez quelques Poissons Téléostéens. *Arch. Anat. Microsc. et Morph. Exper.*, 1949, t. 38, n° 1, pp. 51-64.
1950. — Convergence morphologique des épines de nageoires de Labridés et de Poissons Chats. *Feuille Nat.*, 1950, 5, 1, 2, pp. 11-12, 2 fig.
1951. — Transplantations d'ébauches de la nageoire caudale chez *Salmo Iriseus*. *Gibb. C. R. Acad. Sc.*, Paris, 1951, 238, pp. 2140-2141.
1951. BLANC (M.). — Quelques considérations sur les actinotriches des nageoires de Poissons Téléostéens. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 2^e sér., 1951, t. 23, n° 4, pp. 360-362.
1948. BLANC (M.) et BUSER (J.). — Action de la température sur l'ostéogénèse réparatrice chez les Poissons Téléostéens. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 1949, LXXIV.
1906. BOGACKI (K.). — Experimentelle Flossen regeneration Bei europäischen Süsswasserfischen. *Arch. F. Entw. Mech.*, 1906, XXII, pp. 18-20.

1946. BOVET (P.), BABLET (J.) et FOURNEL (J.). — Aminothiazol et thyroïde. Recherches expérimentales sur la thérapeutique chimique des thyrotoxicoses. *Ann. Inst. Pasteur*, 1946, 72, p. 105.
1896. BRIDGE (T. W.). — The mesialfins of Ganoids and Teleosts. *Journ. Linn. Soc.*, 1896, vol. XXV.
1946. BROLIN (S. E.). — Influence de la température ambiante sur les organes à sécrétion interne. *Nord. Med.*, 28 juin 1946, 30, pp. 1401-1406.
1946. BROWN (M. E.). — La croissance de la truite de deux ans à une température constante. *J. Exp. Biol.*, 6 B, mai 1946, 22, pp. 130-144.
1786. BROUSSENET (M.). — Observation sur la régénération de quelques parties du corps des Poissons. *Hist. Acad. Roy. des Sc.*
1940. BUCHMANN (H.). — Hypophyse und Thyroidea im Individualzyklus des Hering. *Zool. Jahrb. Anatomic*, 1940, 66, p. 191.
1938. BURGER (J. W.). — Cyclic changes in the thyroid and adrenal cortex of the male starling. *Amer. Nat.*, 1938, 72.
1950. BUSER (J.). — Étude des phénomènes de régénération chez quelques Poissons Téléostéens Méditerranéens. *Vie et Milieu*, t. 1, fasc. 11.
1950. — Hypophysectomie et régénération chez les Poissons Téléostéens. *Vie et Milieu*, t. 1, fasc. 11.
1949. BUSER (J.) et BLANC (M.). — Etude des variations du degré d'ossification des différentes parties de la nageoire pectorale du Poisson Chat. *Arch. Zool. Exp. Gen.*, 1949, 86, n. et r., n° 1, pp. 8-12, 2 fig.
1948. BUSER (J.) et BLANC (M.). — Action de la lumière sur l'ostéogénèse réparatrice chez le Poisson Chat. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 1949, LXXIV, pp. 170-172.
1932. CALVET. — Action du lobe antérieur d'hypophyse chez divers vertébrés. *C. R. Soc. Biol.*, 1932, pp. 595-597.
1948. CHAMBON (Y.) et ODIER (C.). — Effets de l'administration locale répétée de folliculine sur la calcification chez le Canard détectés par microphotométrie. *C. R. Soc. Biol.*, 1948, t. 142, n° 23-24, pp. 1516-1519.
1948. — Effets comparés de l'administration locale répétée de folliculine et d'histamine sur la calcification chez le Canard. *C. R. Soc. Biol.*, 1948, t. 142, n° 23-24, pp. 1520-1522.
1920. CHILD (C. M.). — Some consideration concerning the nature and origin of physiological gradients. *Biol. Bull.*, 1920, XXXIX.
1907. — Studies on regulation. *Arch. f. Entw. Mech.*, 1905-1907, XV, XIX, XX, XXIII, XXIV.
- 1903-1905. — Forms regulation in Cerianthis. *Biol. Bull.*, 1903-1905, V, VIII.
1942. CLAVERT (J.). — Action hypercalcémiant et ostéogénétique de la folliculine chez le Pigeon. Ses variations. *C. R. Soc. Biol.*, 1942, t. 136, pp. 507-509.
1948. CLAVERT (J.) et MANDEL (P. et M^{me}). — Action de la folliculine sur la phosphatase du sérum et sur celle de l'os chez le Pigeon. *C. R. Soc. Biol.*, t. 142, pp. 244-246.
1902. COLE (F. J.) et JOHNSTON (J.). — Pleuronectes. *Liv. M. B. C. Mémoires*, 1902.
1943. DEMPSEY (E. W.) et ASTWOOD (E. B.). — Determination of the rate of thyroid hormone secretion at various environmental temperatures. *Endocrinol.*, 1943, 32, p. 509.
1924. DOSMOND (W. F.). — Extirpation and transplantation of the hypophysis of fish and amphibians. *Anat. Rec.*, vol. 29, p. 103.
1904. DUNCKER (G.). — I. Ueber Regeneration d. Schwanzendes b. Syngnathiden. II. Ueber Regeneration d. Schwanzendes b. Syngnathiden (Zweite Mih). *Arch. Entw. Mech.*, XX, XXIV.
1946. EATON (J. C.). — The influences of the endocrines on the skeleton. *Glasgow Med. Journ.*, 27 (4), pp. 98-107.
1936. EGGERT (BR.). — Zur Morphologie und Physiologie der Eidechseuschilddrüse. *I. Z. wiss. Zool.*, 1936, 147, IV, 149.
1938. — Morphologie und Hystophysiologie der normalen Schilddrüse. *J. A. Barth.*, Leipzig, 1938.
1936. ELTERICH (O.). — Ueber zyklische Veränderungen der Schilddrüse in den einzelnen Geschlechtsphasen der Taube. *Endocrinol.*, 1936, 18.
1939. EVANS (H. M.), SIMPSON (M. E.) et PENCHARZ (R. I.). — Relation between the growth promoting effects of the pituitary and the thyroid hormone. *Endo.*, vol. 25, pp. 175-182.

1925. FADDA (G.). — Sulla regenerazione delle pinne di *Cyprinodon calamitatus*. *R. Comito. Tallas grafico Italian*, 1925, CXIX, pp. 1-13.
1939. FLOVIS (G.) et PALMAS (M.). — Stude morfologici sulla Ghian dola tiroide dei Teleostei. *Arch. Zool. Ital.*, 1939, vol. 27, pp. 119-181.
1949. FONTAINE (M.) et OLIVEREAU (M.). — L'hypophyse du Saumon à différentes étapes de sa migration. *C. R. Acad. Sc.*, 28 nov. 1949, p. 228.
1929. FONTES (G.) et ARON (M.). — Mode d'action qualitative et quantitative de la thyroxine synthétique. Son influence sur la métamorphose des larves d'Anoures. *C. R. Soc. Biol.*, 1929, t. 102, p. 679.
1940. GAL (G.). — Zyklische Veränderungen im Bau der Schilddrüs. ver. Schiedener Vögel. *Mat. Termesztett Ertes*, 1940, 39. *Hormone*, 1950, d'après W. Von Buddenbroch.
1940. GALLIEN (L.). — Recherches sur la physiologie hypophysaire dans ses relations avec les gonades et le cycle sexuel de la grenouille rousse. *Bull. Biol. fr.-belge*, 1940, 74, pp. 1-42.
1949. — Action inhibitrice de la prénéninone sur la thyroïde larvaire de *Discoglossus pictus* otth. *C. R. Soc. Biol.*, mars 1949, t. 143, n° 56, p. 34.
1943. GARDNER (W. C.) et PFEIFFER (C. A.). — Influence of œstrogens and androgens on the skeletal system. *Physiol. Rev.*, 1943, 23, pp. 139-165.
1946. GASCHE (P.) et DRUCY (J.). — Wirksamkeit schilddrüsen kemmender stoffe auf die *Xenopus* metamorphose. *Exper.*, vol. II (1), pp. 26-27.
1946. GASCHE (P.). — The point of attack of thiouracil. *Exper.*, 1946, vol. II (2), pp. 24-26.
1946. — Zur Frage des Angriffspunktes des Thiouracil. *Exper.*, vol. II (1), pp. 24-26.
1946. GOLDSMITH (E. D.), NIGRELL (R. F.), GOPDON (A. S.), CHARRIPER (H. A.) et GORDON (M.). — Effects of thiourea upon fish development. *Endocrinol.*, 1944, vol. 35, pp. 132-134.
1903. GOODRICH (E. S.). — On the dermal fin rays of Fishes living and extinct. *Quart. Journ. Microsc. Sc.*, 1903, pp. 465-522.
1943. GORDON (A. S.), GOLDSMITH (E. D.) et CHARRIPER (H. A.). — Effect of thiourea on the development of the Amphibians. *Nature London*, 1943, 152, 3861, pp. 504-505.
1943. — Effects of thiourea and sulfadiazine on the thyrotropic hormone content of the pituitary gland and blood serum of rats. *Anat. Rec.*, déc. 1943, vol. 87, n° 4, p. 445.
1945. — The effects of thiourea on Amphibian development. *Growth*, 1945, vol. IX, n° 1, pp. 19-41.
1945. — Thyrotropic hormone content of the blood sera and pituitary glands of thiourea sulfadiazine-treated and thyroidectomized rats. *Endocrinol.*, 1945, 36, p. 53.
1945. — Effects of paraaminobenzoic acid and thiouracil on thyroid function and resistance to low pressures. *Endocrinol.*, oct. 1945, vol. 37, n° 4, pp. 223-229.
1946. — A comparaison of the effects of thiouracil and thyroidectomy on some phases of metabolism in the rat. *Amer. Journ. Physiol.*, vol. 146, n° 3.
1939. GROBSTEIN (C.) et BELLAMY (A. W.). — Some effects of feeding thyroid to immature Fishes. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, vol. 41, mai-juin 1939, pp. 363-365.
1947. GROBSTEIN (G.). — The role of androgen in declining regenerative capacity during morphogenesis of *Platylocilus maculatus* gonopodium. *J. Exp. Zool.*, 106, pp. 313-344.
1910. GUDERNATSCH (S. F.). — Thyroid gland of Teleosts. *J. Morph.*, 1910, 21.
1936. HAGEN (Von F.). — Die wichtigsten Endokrinien des Flussaales. *Zool. Jarb.*, 1936.
1944. HARRINGTON (C. R.). — Thyroxine : its biosynthesis and its immunochemistry. *Proc. Roy. Soc.*, London, série B, déc. 1944, t. 132, p. 223.
1893. HARRISON (R. G.). — Ueber die Entw. D. Knöppelig vorgebildeten Skelettheile in der Floss en der Teleostier. *Arch. f. Mik. Anat.*, 1893, XLII.
1895. — Die Entw. der unpaaren und paaragin Flossen des Teleostier. *Arch. f. Mik. Anat.*, 1895, XLIV.
1895. — Ectodermal or mesodermal origin of the bones of Teleosts. *Anat. Anz.*, 1895, X.
1876. HERTWIG (O.). — Ueber das Hautskelet der Fische. *Morph. Jarb.*, 1878.
1950. HOAR (W. S.) et BELL (M.). — Rôle de la thyroïde dans la migration vers la mer du Saumon du Pacifique. *Canada J. Res.*, sect. D, 1950, 28, n° 3, pp. 126-136.
1931. HOUSSAY (B. A.). — Action sexuelle de l'hypophyse sur les Poissons et les Reptiles. *C. R. Soc. Biol.*, 1931, t. 106, p. 377.

1931. HOUSSAY (B. A.), BIASSOTI (A.) et MAZOTTO (P.). — Hypophyse et thyroïde. L'iode des thyroïdes de Chiens hypophysoprivés. *C. R. Soc. Biol.*, 1931, t. 108, p. 914.
1944. HUGUES (A. M.) et ASTWOOD (E. B.). — Inhibition of metamorphosis in tadpoles by thiouracil *Rana clamitans*. *Endocrinol.*, 1944, vol. 34, n° 2.
1949. INNES (W. T.). — *Exotic aquarium fishes*. Philadelphie, 1949.
1945. JOLIOT (F.), BOVET (D.), COURRIER (R.), HOREAU (A.), POUMEAU-DELILLE (G.) et SUE (P.). — Action de l'aminothiazol sur la thyroïde du rat. *Presse méd.*, juin 1945, n° 22. *Soc. Med.*, 18 mai 1945.
1945. — Action de l'aminothiazol sur la synthèse des substances thyroïdiennes. *C. R. Soc. Biol.*, mars 1945, t. 139, pp. 278-279.
1942. KENNEDY (T. H.). — Thioureas as goitrogenic substances. *Nature*, 1942, 150, p. 233.
1930. KING-LI-LIN et TSCHANG-YUNG-TAI. — Sur la régénération des écailles et des nageoires chez les Poissons rouges. *C. R. Soc. Biol.*, 1930, 105, pp. 824-826.
1931. KIRKWOOD (E. S.). — The regeneration of the anterior limb of *Triturus viridescens* under normal and varying thyroid conditions. *Master's thesis Nount Holyoke College*.
1945. KROGH (M.) et LINDBERG (A. L.). — The effect of the active thyroid substance on metabolism and other functions in guinea pig. *Acta Physiol. Scand.*, 1945, 10.
1948. LAMOTTE (M.). — *Introduction à la biologie quantitative*. Masson, Paris, 1948.
1937. LEBLOND (C. P.) et NELSON (W. O.). — Etude histologique des organes de la souris sans hypophyse. *Bull. Hist. Appl.*, 1937, t. 14, p. 181.
1940. LEBLOND (C. P.) et SUE (P.). — Passage de l'iode radio-actif (I^{131}) dans la thyroïde stimulée par l'hormone thyroïdienne de l'hypophyse. *C. R. Soc. Biol.*, 1940, t. 133, pp. 543-545.
1940. LEBLOND (C. P.), SUE (P.) et CHAMORRO (R.). — Passage de l'iode radio-actif (I^{131}) dans la thyroïde d'animaux sans hypophyse. *C. R. Soc. Biol.*, 1940, t. 133, pp. 540-544.
1949. LECAMP (M.). — Influence de la thyroïde sur le tissu de régénération. *C. R. Acad. Sc.*, 10 oct. 1949, t. 229, n° 15, p. 727.
1947. LELOUP (J.). — Action des antithyroïdiens (aminothiazol et phényl-thiourée) sur la cuprémie dans la série des Vertébrés. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, sept. 1947, t. XXIX, n° 7-9, pp. 582-595.
1948. — Influence d'un abaissement de salinité sur la cuprémie de deux Téléostéens marins : *Muraena helena* et *Labrus bergylta* Asc. *C. R. Soc. Biol.*, fév. 1948, 142, pp. 178-179.
1949. LEVER (J.), MILTENBURG (J.) et VAN OORDT (G. J.). — The effect of a short treatment with thiourea upon the fish thyroid gland. *Kon. Ned., Akad. Proc.*, 1949, vol. 52, p. 296.
1925. LOEB (J.). — *Les bases physico-chimiques de la régénération*, Paris, 1925.
1929. LOEB (J.) et BASSET (R. B.). — Effect of hormone of anterior pituitary on thyroid gland in the Guinea Pig. *Proc. Soc. exp. Biol. a. Med.*, 1929, t. 26, p. 800.
1942. LONG. — Pituitary hormones influencing growth in the higher animals. *Cold. Spring. Harbor. Symp. Quant. Biol.*, 1942, 10, pp. 91-103.
1943. — The growth and metabolic hormones of the anterior pituitary. *Ann. Acad. Sc.*, New York, 23 nov. 1943, pp. 383-426.
1864. LOTZ (T.). — Ueber d. Bau d. Schwanz Wirbelsäule. *Zeit. f. Wiss. Zool.*, 1864, vol. XXIV.
1933. MAGDALENA (A.). — Action de l'ablation ou de l'amputation de la thyroïde sur l'hypophyse du Crapaud. *C. R. Soc. Biol.*, 1933, t. 112, p. 489.
1943. MACKENZIE (C. G.) et MACKENZIE (J. B.). — Effect of sulfonamides and thioureas on the thyroid gland and basal metabolism. *Endocrinol.*, 1943, 32, pp. 185-209.
1926. MAGLIO (C.). — Esperienze di regenerazione nei Teleostei. *An. Soc. Ital. Sc. Nat. e; Mus. Liv. Storia. Nat. Milano*, 1926, 65 (3), pp. 85-103.
1931. — La regenerazione della pinna codale in *Cobitis taenia*. *Arch. Zool. Ital.*, 1931, XV, pp. 345-355.
1916. MARINE (D.) and ROGOFF (J. M.). — *Journ. of Pharm. and exper. Therap.*, 1916, t. 3, p. 439.
1913. MARINE (D.). — The metamorphosis of the endostyle (thyroid gland) of *Ammocoetes branchialis*. *J. exp. Med.*, 1913, 17.
1935. — Physiology and principal interrelations of the thyroid. *J. A. M. A.*, 1935, 144.
1939. — Physiology and principal interrelations of the thyroid gland. *Bull. N. Y. Acad. Med.*, 1939, 15.

1886. MAURER. — Thyroïde et thymus des Téléostéens. *Morph. Journ.*, 11.
1936. MEISENHEIMER (M.). — Die jahrezeitlichen Veränderungen der Schilddrüse von *Rana temporaria* und ihre Beziehungen zu den Häutungen. *Z. Wiss. Zool.*, 1936, 148.
1931. MILLOT (J.). — *Cicatrisation et régénération*. Armand Colin, Paris, 1931.
1941. MISLIN (H.). — Der Phasenwechsel des Rheinbachses (*Salmo*) unter besonderer Berücksichtigung des Ernährungsapparates. *Rev. Suisse Zool.*, 1941, 48.
1900. MORGAN (TH.). — Regeneration in Teleosts. *Arch. Entw. Mech.*, 1900, pp. 120-134.
1901. — *Regeneration*. New York, London, 1901.
1902. — Further experiments on the regeneration of the tails of fishes. *Arch. Entw. Mech.*, 1902, 14, pp. 539-561.
1906. — The physiology of regeneration. *J. Exp. Zool.*, 1906.
1906. MORRIL (C. R.). — Regeneration of certain structures in *Fundulus heteroclitus*. *Biol. Bull.*, 1906, 12 (II), pp. 11-20.
1928. MURR (E.) et SKLOWER (R.). — Untersuchungen über die inkretorischen Organe der Frösche. *Z. Vergl. Physiol.*, 1928, 7.
1929. NABRIT (M.). — The role of the fin rays in the regeneration in the tails of fishes. *Biol. Bull.*, 1929, 56 (4), pp. 235-266.
1931. — The role of the basal plate of the tail in regeneration in the tail fins of fishes. *Biol. Bull.*, 1931, 60 (1), pp. 60-63.
1904. NUSBAUM (J.). — Zur Kenntnis d. Heteromorphose b. Diregeneration d. älteren Forellen-embryonem (*Salmo irideus* W. Gibb.). *Anat. Anz.*, XXII.
1947. OLIVEREAU (M.). — Histologie comparée des hypophyses de *Mullus barbatus* (L.) et de *Mullus surmuletus* (L.). *Arch. Zool. Exp. Gen.*, 1947, t. 85, n° 2, pp. 100-108.
1948. OLIVEREAU (M.). — Influence d'une diminution de salinité sur l'activité de la glande thyroïde de deux Téléostéens marins. *Muraena helenae* et *Labrus bergylla* Asc. *C. R. Soc. Biol.*, fév. 1948, t. 142, pp. 176-177.
1950. — Influence d'une augmentation de salinité sur l'activité thyroïdienne de divers Téléostéens d'eau douce. *C. R. Soc. Biol.*, 1950, t. 144, p. 775.
1886. PARKER (T. J.). — On the skeleton of *Regalacus argenteus*. *Trans. Zool. Soc.*, 1886, vol. XII.
1869. PHILIPPEAUX (J. M.). — Expériences démontrant que les nageoires des Poissons ne se régénèrent qu'à condition qu'on laisse au moins sur place leur partie basilaire. *C. R. Acad. Sc.*, 1869, pp. 669-670.
1938. PRENANT (M.). — Régénération des rayons osseux articulés après amputation des nageoires chez les Téléostéens. *C. R. Soc. Biol.*, 1938, pp. 980-982.
1936. — Structure fine et croissance normale des lépidotriches articulés chez les Téléostéens. *C. R. Soc. Biol.*, 1936, CXXIII, pp. 474-475.
1937. — Sur la croissance des lépidotriches articulés chez les Téléostéens. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 1937, LXII (3), pp. 190-195.
1940. RICHARDSON (D.). — Thyroid and pituitary hormones in relation to regeneration (1). *J. Exp. Zool.*, vol. 83, pp. 407-425.
1945. — Hormone thyroïde et hypophysaire en rapport avec la régénération. *Connecticut C. New London J. Exp. Zool.*, U. S. A., déc. 1945, 100, pp. 417-429.
1933. — Some effects of anterior pituitary and thyroid secretions on regeneration of the hind leg in *Triturus viridescens*. *Anat. Rec.*, vol. 55, p. 73.
1885. RYDER (J. A.). — The development of the rays of osseous fishes. *Amer. Naturalist.*, 1885, 19, pp. 200-204.
1926. SCHOTT (O.). — Le rôle du milieu intérieur dans la régénération des Batraciens urodèles. *C. R. de Biol.*, vol. 91, p. 1177.
1926. — Hypophysectomie et régénération chez les Batraciens urodèles. *C. R. de la Soc. Phys. et Hist. Nat.*, Genève, vol. 43, p. 6772.
1911. SCOTT (G. C.). — The regeneration scales of *Fundulus heteroclitus* with a preliminary note on their formation. *Proc. Indiana Acad. Sc.*, 1911, pp. 439-444.
1909. — Regeneration in *Fundulus* and its relation to the size of the Fishes. *Biol. Bull.*, 1909, 17 (1), pp. 343-353.

1907. — Further notes on the regeneration of the fins of *Fundulus heteroclitus*. *Biol. Bull.*, 1907 (12), 6, pp. 385-400.
1938. SILBERBERG (M.) et SILBERBERG (R.). — The effects of thyroid feeding on growth processes and retrogressive changes in bone and cartilage of the immature Guinea Pig. *Growth*, vol. 2, pp. 327-333.
1939. — A comparaison of the effects of anterior pituitary hormone on skeletal tissues of young and mature Guinea Pigs. *Am. J. Path.*, vol. 15, pp. 547-559.
1943. — Influence of the endocrine glands on growth and a ging of the skeleton. *Arch. Path.*, vol. 36, pp. 513-534.
1945. — Combined effects of an oestrogen and an anterior hypophyseal extract on the skeleton of the growing mouse. *Arch. Path.*, vol. 39, pp. 381-387.
1946. — Further investigations on the effect of the male sex hormone on endochondral ossification. *Snodgras Laboratory City Hospital and Lab. of Jewish Hosp. St. Louis. Anatomical Record*, 1946, 95/2, pp. 97-117.
1933. SMITH (P. E.). — Increased skeletal effects in A. P. growth hormone injections by administration of thyroid in hypophysectomized, thyro-para-thyroidectomized rats. *Proc. Soc. exp. Biol. a. Med.*, vol. 30, pp. 1252-1254.
1944. TUCHMANN-DUPLESSIS (H.). — Aspect histophysiologique et mécanisme des variations structurales de l'hypophyse du Triton. *Bull. Hist. appl.*, 21, pp. 96-103.
1945. — Action de l'aminothiazol sur la thyroïde du Triton normal et hypophysectomisé. *C. R. Acad. Sc.*, déc. 1945, 221.
1945. TUCHMANN-DUPLESSIS (H.). — Variations saisonnières et répercussion de l'hypophysectomie sur la thyroïde du Triton alpestre. *Bull. Hist. appl.*, 22, pp. 17-25.
1944. TWEEDY (W. R.) et CAMPBELL (W. W.). — The effect of parathyroid extract upon the distribution retention and excretions of labelled phosphorus. *J. Biol. Chem.*, juil. 1944, 154, pp. 339-347.
1880. VALETTE ST. GEORGE (V. LA.). — Ueber den Bau der Fettflosse. *Arch. f. Mik. Anat.*, 1880, vol. XVII.
1941. VIVIEN (J. H.). — Contribution à l'étude de la physiologie hypophysaire dans ses relations avec l'appareil génital, la thyroïde et les corps surrénaux chez les Poissons sélaciens et Téléostéens. *Scylliorhinus canicula. Gobius Paganellus*. *Bull. Biol.*, 1941, 75, p. 257.
1938. — Sur les effets de l'hypophysectomie chez un Téléostéen marin *Gobius paganellus*. *C. R. Acad. Sc.*, 1938, 207, pp. 1452-1455.
1939. — Relations hypophysogénitales chez quelques Téléostéens et Sélaciens. *C. R. Soc. Biol.*, 1939, t. 131, pp. 1222-1224.
1939. — Rôle de l'hypophyse dans le déterminisme du cycle sexuel chez les Poissons. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 1939, 64, p. 141.
1939. — Rôle de l'hypophyse, dans le déterminisme du cycle génital femelle d'un Téléostéen (G. Pag.). *C. R. Acad. Sc.*, 1939, 208, pp. 948-949.
1949. — Les corrélations hypophyso-génitales. *Lab. Embryo. Terat. ext. Fac. Sc., Strasbourg C. N. R. S. Activ. Trav. Lab.*, janv. 1948-1949, n° 2, pp. 19-20.
1903. WINTREBERT (P.). — Régénération chez les Amphibiens des membres postérieurs et de la queue, en l'absence du système nerveux. *C. R. Acad. Sc.*, 1903, CXXXVII.
1904. — Sur la régénération des membres postérieurs chez l'Axolotl adulte après ablation de la moelle lombo-sacrée. *C. R. Soc. Biol.*, 1904, LVI.
1904. — Sur la valeur comparée des tissus de la queue au point de vue de la régénération chez les larves d'Anoures et sur l'absence possible de cette régénération. *C. R. Acad. Sc.*, 1904, CXXXIX.
1905. WINTREBERT (P.). — Sur l'accomplissement régulier des fonctions de nutrition des processus d'ontogénèse, de régénération et de métamorphose chez les larves d'Alytes en l'absence d'une grande étendue de la moelle. *C. R. Soc. Biol.*, 1905, LX, 470.

